



TUGAS AKHIR - RC091501

**PERBANDINGAN KONTRUKSI PERKERASAN LENTUR
DAN PERKERASAN KAKU SERTA ANALISIS
EKONOMINYA PADA PROYEK FRONTAGE ROAD SISI
BARAT SURABAYA**

**ITA KUSUMA WARDANI
NRP 3113 106 035**

**Dosen Pembimbing
Hera Widyastuti, M.T.,Ph.D.
Istiar, S.T.,M.T.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - RC091501

**COMPARISON OF FLEXIBLE PAVEMENT AND
RIGID PAVEMENT CONSTRUCTION WITH
ECONOMIC ANALYSIS ON THE PROJECT OF
SURABAYA WEST SIDE FRONTAGE ROAD**

**ITA KUSUMA WARDANI
NRP 3113 106 035**

**Advisor
Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.
Istiar, S.T., M.T.**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**PERBANDINGAN KONTRUKSI PERKERASAN LENTUR
DAN PERKERASAN KAKU SERTA ANALISIS
EKONOMINYA PADA PROYEK FRONTAGE ROAD SISI
BARAT SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Perhubungan
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ITA KUSUMA WARDANI

NRP. 3113 306 035

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Hera Widyastuti, T. PhD (Pembimbing I)
2. Istiar, S.T., M.T. (Pembimbing II)



**SURABAYA
JULI 2016**

PERBANDINGAN KONTRUKSI PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU SERTA ANALISIS EKONOMINYA PADA PROYEK FRONTAGE ROAD SISI BARAT SURABAYA

Nama Mahasiswa : Ita Kusuma Wardani
NRP : 3113 106 035
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.
Istiar, S.T., M.T.

Abstrak

Semakin meningkatnya pergerakan penduduk, terutama peningkatan pergerakan kendaraan bermotor akan berkorelasi dengan tuntutan terhadap pemenuhan kebutuhan jalan. Pemerintah kota surabaya berupaya menanggulangi kemacetan lalu lintas kota terutama di pusat kota jl. Ahmad yani dengan jalan pembuatan frontage road sisi barat.

Dalam tugas akhir ini bertujuan memberikan alternatif untuk pemerintah kota surabaya dalam pemilihan jenis perkerasan yang akan digunakan untuk jalan frontage road sisi barat tersebut dinilai dari segi kontruksi dan analisa ekonominya, ada 2 jenis perkerasan yang dapat digunakan yaitu perkerasan lentur dan perkerasan kaku dengan umur rencana 20 tahun untuk masing -masing jenis perkerasan.

Dari hasil perhitungan didapat lapisan struktur perkerasan lentur dengan susunan lapis pondasi bawah (sirtu) = 48 cm, lapis pondasi atas agregat klas a = 20 cm, lapis aspal beton = 13 cm. Sedangkan untuk lapisan struktur perkerasan kaku dengan susunan lapis pondasi bawah (sirtu) = 48 cm, plat beton = 26 cm. Biaya kontruksi dan pemeliharaan yang dibutuhkan untuk masing-masing struktur dengan perhitungan umur rencana hingga 20 tahun mendatang adalah sebesar rp. 40.621.839.097,87 untuk perkerasan lentur dan rp. 49.127.513.796,33 untuk perkerasan kaku. Dengan demikian struktur perkerasan kaku dapat dipilih sebagai alternatif yang lebih ekonomis dilihat dari segi pemeliharaan dibandingkan dengan menggunakan perkerasan lentur.

Kata kunci : Perkerasan Lentur, Perkerasan Kaku, Jalan Frontage sisi barat Surabaya, Analisis ekonomi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

COMPARISON OF FLEXIBLE PAVEMENT AND RIGID PAVEMENT CONSTRUCTION WITH ECONOMIC ANALYSIS ON THE PROJECT OF SURABAYA WEST SIDE FRONTAGE ROAD

Student Name : Ita Kusuma Wardani
NRP : 3113 106 035
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Lecture Name : Hera Widyastuti, M.T., Ph.D.
Istiar, S.T., M.T.

Abstract

The increasing movement of people, especially improved movement of motor vehicles will be correlated with the demands of the fulfillment of the road. Surabaya City Government seeks to tackle the city's traffic congestion, especially in the downtown Ahmad Yani street with the manufactured west side of frontage road.

In this final project aims to provide an alternative to city officials in choosing the type of pavement to be used for west side of frontage road is assessed in terms of construction and economic analysis, There are 2 types of pavement that can be used is a flexible pavement and rigid pavement with a 20 years age plan for each type of pavement.

From the calculation result is obtained the flexible pavement structure subbase agregate (Sirtu) = 48 cm, agregate on base (layer Class A) = 20 cm, layer of asphalt concrete = 13 cm. As for rigid pavement layer structure with the composition of the subbase Aggregate (Sirtu) = 48 cm, concrete slab = 26 cm. Construction and maintenance costs required for each structure with the calculation of the 20 years age plan is Rp. 40.621.839.097,87 for flexible pavements and Rp. 49.127.513.796,33 for rigid pavement. Thus rigid pavement structure can be selected as an alternative that is more economical in terms of maintenance than using a flexible pavement.

Keywords: Flexible Pavement, Rigid Pavement, Surabaya west side of frontage, the economic analysis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang senantiasa melimpahkan kasih dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “Perbandingan Kontruksi Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku Serta Analisis Ekonominya Pada Proyek Frontage Road Sisi Barat Surabaya”.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan kakak - adik dari penulis, yang telah memberikan doa, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Tri Joko Wahyu, ST., MT., PhD selaku ketua jurusan teknik sipil.
3. Hera Widyastuti, M.T., PhD. dan Istiar, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Istiar, S.T., M.T selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di Lintas Jalur S-1.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
7. Teman-teman seperjuangan dari D3 Teknik Sipil-ITS 2010 yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Lintas Jalur S-1 angkatan 2014, dan semua rekan mahasiswa Teknik Sipil ITS lainnya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan, semoga tugas akhir ini dapat memenuhi harapan dan bermanfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	i
Abstrak	ii
Abstract	iv
Kata Pengantar	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Maksud dan Tujuan	5
1.5 Manfaat Tugas Akhir	6
1.6 Lokasi Proyek	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Fungsi Jalan	9
2.2 Kinerja Perkerasan Jalan	10
2.3 Umur Rencana	10
2.4 Lalu lintas	11
2.5 Sifat Tanah Dasar	12
2.6 Kondisi Lingkungan	12
2.7 Pengendalian Proyek Kontruksi	12
2.8 Estimasi Biaya Kontruksi	13
2.9 Penjadwalan Proyek	15
2.10 Metode	16
2.10.1 Analisa Kebutuhan	16
2.10.2 Metode Bina Marga	24
2.10.3 Flow Chart	40

2.10.4	Metode NAASRA	41
2.11	Aspek Keuangan	54
BAB 3 METODELOGI		
3.1	Tahapan Pengerjaan	77
3.2	Persiapan.....	78
3.3	Pengumpulan Data.....	78
3.4	Pengolahan Data.....	78
3.5	Pengolahan Jumlah Penduduk.....	78
3.6	Lalu Lintas Umur Rencana.....	78
3.7	Perencanaan Perkerasan	79
3.8	Analisa Ekonomi	80
3.9	Perbandingan dan Evaluasi Ekonomi	81
BAB 4 ANALISA DATA dan PEMBAHASAN		
4.1	Umum	83
4.2	Pengumpulan Data.....	83
4.2.1	Data Topografi.....	83
4.2.2	Data Lalu Lintas	83
4.2.3	Data CBR	86
4.3	Pengolahan Data	86
4.3.1	Data Lalu Lintas	86
4.3.2	Analisa Trip Assigment.....	99
4.3.3	Data Kondisi Tanah.....	102
4.3.4	Analisa Kapasitas Jalan	103
4.4	Perhitungan Tebal Perkerasan	105
4.4.1	Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur.....	109
4.4.2	Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku.....	115
BAB 5 ANALISA EKONOMI JALAN RAYA		
5.1	Umum	121
5.1.1	Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan Lentur	121
5.1.2	Perhitungan Biaya Perawatan Perkerasan Lentur	129

5.1.3	Perhitungan Biaya Perawatan Perkerasan Kaku	133
5.2	Perbandingan Evaluasi Ekonomi	135
5.2.1	Perhitungan BOK Eksisting (A.Yani)	136
5.2.2	Perhitungan BOK Setelah Ada Frontage Road	139
5.2.3	Perhitungan Manfaat BOK.....	144
5.2.4	Perhitungan Total Cost Perkerasan Jalan ...	150
5.3	Perhitungan Selisih Nilai Waktu	153
5.3.1	Perhitungan Kecepatan, Waktu Tempuh, dan Nilai Waktu Pakai.....	155
5.3.2	Perhitungan Nilai Waktu	162
5.4	Perbandingan Evaluasi Ekonomi.....	167
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Data Lalu Lintas Harian Pada Frontage Sisi Barat A.Yani.....	169
6.2	Tebal Lapisan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement).....	169
6.3	Tebal Lapisan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).....	169
6.4	Biaya Kontruksi Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku	170
6.5	Biaya Perawatan Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku	170
6.6	Hasil Evaluasi Ekonomi	170
DAFTAR PUSTAKA xxii		
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota 2 Jalur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD)	16
Tabel 2.2	Kapasitas Dasar Pada Jalan Luar Kota 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD).....	17
Tabel 2.3	Faktor Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)	17
Tabel 2.4	Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FCsp).....	18
Tabel 2.5	Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)	18
Tabel 2.6	Kelas Hambatan Samping	19
Tabel 2.7	Ekivalensi Kendaraan Penumpang (EMP) untuk 2/2 UD	20
Tabel 2.8	Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan.....	23
Tabel 2.9	Penentuan koefisien satuan mobil penumpang	24
Tabel 2.10	Klafifikasi Funsii / kelas jalan.....	25
Tabel 2.11	Kecepatan Arus Bebas Dasar untuk Jalan Luar Kota	26
Tabel 2.12	Penyesuaian akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FVW)	27
Tabel 2.13	Faktor Penyesuaian akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFVSF).....	27
Tabel 2.14	Faktor penyesuaian akibat Kelas Fungsional Jalan dan Guna Lahan (FFVRC)	28
Tabel 2.15	Standart Perencanaan Geometrik Jalan	29
Tabel 2.16	Pedoman Penentuan Jumlah Lajur	31
Tabel 2.17	Koefesien Distribusi Ke Lajur Rencana	31
Tabel 2.18	Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen	32
Tabel 2.19	Hubungan curah hujan, kelandaian dan % berat kendaraan	34
Tabel 2.20	Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo).....	34

Tabel 2.21 Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IPt).....	35
Tabel 2.22 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan	36
Tabel 2.23 Tebal Minimum Lapisan	37
Tabel 2.24 Tabel Modulus Kekuatan Tanah Dasar	42
Tabel 2.25 Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga	45
Tabel 2.26 Faktor Keamanan	45
Tabel 2.27 Jumlah Repetisi Beban Ijin.....	50
Tabel 2.28 Faktor Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi	51
Tabel 2.29 Ukuran dan Jarak Dowel.....	52
Tabel 2.30 Ukuran Tie Bar.....	53
Tabel 2.31 Faktor-Faktor Bungan Dasar dan Perubahan- Perubahan Nilai Waktu	58
Tabel 2.32 Pembagian Jenis Kendaraan.....	60
Tabel 2.34 Konsumsi Bahan bakar.....	62
Tabel 2.35 Konsumsi Ban	62
Tabel 2.36 Konsumsi Oli.....	63
Tabel 2.37 Lama Waktu yang dibutuhkan untuk pemeliharaan kendaraan per 1000 km	63
Tabel 2.38 Biaya operasi dasar. (kondisi: Flat-Tangent-Paved Road and Good Condition).....	65
Tabel 2.39 Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan auto, urban road. %	66
Tabel 2.40 Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan truk, urban road. %	67
Tabel 2.41 Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan bus, urban road. %	67
Tabel 2.42 Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan auto, interurban road. %	68
Tabel 2.43 Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan truk, interurban road. %	68
Tabel 2.44 Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan bus, interurban road. %	70

Tabel 2.45 Besarnya nilai pengaruh factor lain terhadap nilai BOK pada kondisi jalan flat tangent and good condition. (% trhdp nilai dasar)	71
Tabel 2.46 Nilai Waktu dari berbagai Studi	72
Tabel 2.47 Nilai Waktu Minimum (Rp/Jam)	72
Tabel 2.48 Nilai K untuk Beberapa Kota	73
Tabel 2.49 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Hambatan Samping dengan Kereb (FFV_{SF})	74
Tabel 2.50 Kecepatan Arus Bebas Dasar (FV_o)	74
Tabel 2.51 Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas(FV_w)	75
Tabel 2.52 Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Ukuran Kota (FFV_{cs})	75
Tabel 4.1 Data Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) Tahun 2014.....	84
Tabel 4.2 Jl. Achmad Yani (menuju ke arah Utara).....	84
Tabel 4.3 Jl. Achmad Yani (menuju ke arah selatan).....	85
Tabel 4.4 Data CBR hasil DCP Test	86
Tabel 4.5 Data Volume Kendaraan Jl. Achmad Yani Surabaya	87
Tabel 4.6 Data Volume Kendaraan Ruas Frontage Sisi Barat Jl. A.Yani - Surabaya.....	88
Tabel 4.7 Pertumbuhan Kendaraan Sepeda Motor.....	89
Tabel 4.8 Pertumbuhan Kendaraan Mobil Penumpang.....	91
Tabel 4.9 Pertumbuhan Kendaraan Bus Besar	93
Tabel 4.10 Pertumbuhan Kendaraan Truk 2 As	95
Tabel 4.11 Pertumbuhan Kendaraan Truk 3 As	97
Tabel 4.12 Estimasi DS Frontage Sisi Barat Kota Surabaya	99
Tabel 4.13 Perhitungan Iterasi Volume Kendaraan	101
Tabel 4.14 Volume Kendaraan yang masuk ke Frontage.....	102
Tabel 4.15 Data Perhitungan CBR	102
Tabel 4.16 Rekapitulasi DS dari Kota Sidoarjo masuk ke Kota Surabaya	105

Tabel 4.17 Data Muatan dan Pengelompokan Kedaraan Niaga	106
Tabel 4.18 Pembagian beban sumbu / As (berdasarkan pengukuran beban).....	106
Tabel 4.19 Perhitungan Rata-Rata Indeks Tebal Perkerasan	113
Tabel 4.20 Perhitungan Plat Beton dengan t rencana = 15 cm	118
Tabel 4.21 Perhitungan Plat Beton dengan t rencana = 20 cm	119
Tabel 4.22 Perhitungan Plat Beton dengan t rencana = 26 cm	119
Tabel 5.1 Perhitungan Biaya Kontruksi Perkerasan Lentur	122
Tabel 5.2 Perhitungan Biaya Kontruksi Perkerasan Kaku	126
Tabel 5.3 Perhitungan FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur.....	131
Tabel 5.4 Perhitungan P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur.....	132
Tabel 5.5 Perhitungan FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku.....	134
Tabel 5.6 Perhitungan P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku.....	134
Tabel 5.7 BOK Auto Tahun 2016	137
Tabel 5.8 BOK Bus Tahun 2016	138
Tabel 5.9 BOK Truk Tahun 2016.....	138
Tabel 5.10 BOK Auto Tahun 2016	140
Tabel 5.11 BOK Bus Tahun 2016.....	141
Tabel 5.12 BOK Truk Tahun 2016.....	141
Tabel 5.13 Manfaat BOK Auto	145
Tabel 5.14 Manfaat BOK Bus	146
Tabel 5.15 Manfaat BOK Truk	147
Tabel 5.16 Total Manfaat BOK.....	149
Tabel 5.17 Total Cost Perkerasan Lentur	151

Tabel 5.18 Total Cost Perkerasan Kaku	152
Tabel 5.19 Nilai Waktu Pakai	153
Tabel 5.20 Nilai Waktu Pakai Pada Tiap Golongan Kendaraan.....	154
Tabel 5.21 Kecepatan, Waktu Tempuh dan Nilai Pakai Eksisting	157
Tabel 5.22 Kecepatan, Waktu Tempuh dan Nilai Pakai A.Yani	159
Tabel 5.23 Kecepatan, Waktu Tempuh dan Nilai Pakai Frontage Road	161
Tabel 5.24 Nilai Waktu Pada Eksisting A.Yani	162
Tabel 5.25 Nilai Waktu Pada A.Yani	163
Tabel 5.26 Nilai Waktu Pada Frontage Road	164
Tabel 5.27 Total Nilai Waktu.....	166
Tabel 5.28 Evaluasi Ekonomi	167
Tabel 5.29 Analisis BCR dan NPV	167

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek Frontage Road Sisi Barat.....	7
Gambar 2.1 Flowchart Perkerasan Metode Bina Marga	40
Gambar 2.2 Modulus Reaksi Tanah Dasar.....	41
Gambar 2.3 Hubungan antara kuat tarik lentur	43
Gambar 2.4 Nomogram STRT	46
Gambar 2.5 Nomogram STRG.....	47
Gambar 2.6 Nomogram SGRG	48
Gambar 2.7 Jarak Terpendek Tie Bar dari Tepi.....	54
Gambar 2.8 Grafik Kecepatan sebagai fungsi dari DS jalan satu Arah	76
Gambar 3.1 Flowchart Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir	77
Gambar 4.1 Grafik Pertumbuhan Sepeda Motor.....	90
Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Mobil Penumpang.....	92
Gambar 4.3 Grafik Pertumbuhan Bus Besar	94
Gambar 4.4 Grafik Pertumbuhan Truk 2 As	96
Gambar 4.5 Grafik Pertumbuhan Truk 3 As	98
Gambar 4.6 Susunan Lapisan Perkerasan Lentur.....	115
Gambar 4.7 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku.....	120
Gambar 5.1 Ilustrasi Cashflow Perkerasan Lentur.....	133
Gambar 5.2 Ilustrasi Cashflow Perkerasan Kaku.....	135
Gambar 6.1 Susunan Lapisan Perkerasan Lentur.....	169
Gambar 6.2 Susunan Lapisan Perkerasan Kaku.....	170

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Korelasi antara DDT dan CBR untuk Lapis D1	1
Lampiran 2 Korelasi antara DDT dan CBR untuk Lapis D2	2
Lampiran 3 Korelasi antara DDT dan CBR untuk Lapis D3	3
Lampiran 4 Nomogram untuk mencari nilai ITP rata-rata 1	4
Lampiran 5 Nomogram untuk mencari nilai ITP rata-rata 2	5
Lampiran 6 Nomogram untuk mencari nilai ITP rata-rata 3	6
Lampiran 7 STRG Sumbu 1 untuk tebal = 26 cm	7
Lampiran 8 STRT Sumbu 2 untuk tebal = 26 cm	8
Lampiran 9 STRT Sumbu 3 untuk tebal = 26 cm	9
Lampiran 10 STRG Sumbu 4 untuk tebal = 26 cm	10
Lampiran 11 STRG Sumbu 5 untuk tebal = 26 cm	11

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan memiliki peran yang strategis untuk bidang sosial, ekonomi, budaya dan hankam (integritas nasional). Hal ini terbukti bahwa jalan melayani 80 hingga 90 persen dari seluruh angkutan barang dan orang. Untuk kelancaran perjalanannya, pengguna jalan menuntut agar jalan yang dilewati selalu memberikan kenyamanan dan keselamatan.

Meningkatnya pergerakan penduduk, terutama peningkatan pergerakan kendaraan bermotor akan berkorelasi dengan tuntutan terhadap pemenuhan kebutuhan jalan. Semakin banyaknya kepemilikan kendaraan bermotor saat ini membuat derajat kejenuhan jalan menjadi semakin tinggi, hal ini dapat menghambat pergerakan penduduk yang dapat berakibat pada pertumbuhan suatu daerah. Perlu disadari bahwa, pemenuhan kebutuhan akan infrastruktur jalan yang memadai dibutuhkan dalam menunjang pertumbuhan ekonomi, sosial dan politik antar daerah.

Perkembangan tingkat ekonomi dan jumlah penduduk di Surabaya tahun 2010 sebesar 2.441.941 jiwa dan tahun 2013 sebesar 2.602.116 jiwa (*Sumber : RTRW Kota Surabaya 2003-2013*) memberikan dampak terhadap perkembangan kota. Pembangunan infrastruktur adalah hal yang penting di era masyarakat sekarang ini. Hal ini dapat dilihat dari maraknya pembangunan berbagai fasilitas infrastruktur di berbagai sektor, mulai dari sistem energi, jalan raya, bangunan perkantoran dan sekolah, hingga telekomunikasi, dan jaringan layanan air bersih yang handal.

Kota Surabaya merupakan kota besar dengan penduduk yang tinggal sangat banyak. Semakin banyak penduduk yang tinggal memerlukan adanya penggunaan transportasi baik darat, udara maupun laut namun lebih banyak yang menggunakan

transpostasi darat karena dapat digunakan oleh semua kalangan bawah, menengah maupun atas serta mudah dijangkau seperti angkutan umum (bis kota, angkot, kereta api) dan angkutan pribadi (mobil dan sepeda motor) yang mengakibatkan kemacetan lalu lintas kota, terutama terjadi di akses menuju pusat kota Jl. Ahmad Yani ruas Bundaran Waru (Depan Cito) - Jl Ketintang ruas Rumah Sakit Islam. Oleh sebab itu Pemerintah Kota Surabaya berupaya untuk menanggulangnya dengan pembuatan jalan Frontage Road yang pertama pada sisi timur dan ditambah lagi pembangunan selanjutnya jalan Frontage Road Pada sisi barat.

Pemerintahan Kota Surabaya kini sedang dalam proses melaksanakan pekerjaan pembangunan Frontage Road sisi barat Ahmad Yani, total jalan sepanjang kurang lebih 4300 meter tersebut dibangun dengan pertimbangan dapat mengurangi kemacetan akibat jalan arteri yang sudah tidak dapat menampung kapasitas kendaraan. Desain Frontage Road sisi barat Ahmad Yani menggunakan perkerasan lentur, akan tetapi pada saat pelaksanaan konstruksi ditemukan kondisi daya dukung tanah yang kurang memadai yaitu hasil tes DCPT yang dilakukan pada 5 titik berbeda mendapatkan nilai CBR < 3% tidak sesuai dengan persyaratan, sedangkan nilai CBR > 3% adalah persyaratan nilai CBR yang baik pada lapisan tanah dasar, sehingga harus dilakukan upaya untuk melakukan stabilisasi tanah dalam pelaksanaan pembuatan lapis pondasi yang pada akhirnya akan menyebabkan pertambahan biaya pelaksanaan pekerjaan dari pagu anggaran yang telah ditentukan.

Disamping terjadinya penambahan biaya akibat pekerjaan tambah yang berupa stabilisasi tanah menggunakan geotextile, umur layanan penggunaan jalan juga akan lebih pendek dari yang telah direncanakan dikarenakan kondisi tanah yang kurang memadai tersebut.

Perencanaan perkerasan adalah hal yang harus direncanakan dengan baik agar konstruksi jalan dapat melayani arus lalu lintas sesuai umur rencana jalan. Apabila selama umur

rencana jalan tidak terjadi kerusakan berarti, penggunaan jalan akan dapat menggunakan jalan dengan nyaman. Selama ini banyak terjadi perencanaan perkerasan yang tidak dilakukan dengan baik sehingga perkerasan tidak bertahan selama umur rencana. Agar hal tersebut tidak terjadi lagi, maka perlu dirancang jenis perkerasan yang tepat untuk proyek Frontage Road Sisi Barat Ahmad Yani Surabaya ini.

Saat ini ada dua jenis konstruksi perkerasan jalan yang umum dikenal, yaitu konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Dari kedua jenis perkerasan ini maka dapat dianalisis untuk mengetahui jenis perkerasan yang paling sesuai dan menguntungkan untuk proyek Frontage Road Sisi Barat Ahmad Yani Surabaya dengan memperhatikan komponen – komponen sebagai berikut :

1. Biaya konstruksi dan perawatan perkerasan lentur.
2. Biaya konstruksi dan perawatan perkerasan kaku.
3. Perhitungan *Benefit Cost Ratio (BCR)*.

Analisis ekonomi dapat dilakukan setelah perencanaan kedua jenis konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Kemudian kedua perkerasan ini akan dibandingkan sehingga didapat perkerasan yang secara ekonomi lebih menguntungkan. Adapun terdapat perbandingan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku sebagai berikut :

a. Perkerasan Lentur

- Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah.
- Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air.
- Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah menentukan perkiraan pelapisan ulang.

b. Perkerasan Kaku

- Umur rencana dapat mencapai 20 tahun dan dapat lebih bertahan terhadap kondisi drainase yang lebih buruk

- Biaya pemeliharaan relatif tidak ada.
- Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan).

Perlu dilakukan suatu analisis untuk menentukan jenis perkerasan yang tepat untuk proyek Frontage Road Sisi Barat Ahmad Yani ini. Dengan pertimbangan tersebut, penulis mengajukan tugas akhir ini menggunakan judul **“PERBANDINGAN KONSTRUKSI ANTARA PERKERASAN LENTUR DAN PERKERASAN KAKU SERTA ANALISIS EKONOMINYA PADA PROYEK FRONTAGE ROAD SISI BARAT SURABAYA”** dengan maksud untuk membahas perhitungan perencanaan tebal konstruksi perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga (Analisis Komponen) dan konstruksi perkerasan kaku menggunakan metode NAASRA dengan usia rencana 20 tahun, perhitungan biaya konstruksi dan biaya pemeliharaan perkerasan lentur dan kaku, analisis ekonomi terhadap masing –masing konstruksi lapisan perkerasan jalan dengan metode *Benefit Cost Ratio (BCR)* sehingga dapat dilakukan perbandingan penggunaan kedua jenis konstruksi lapisan perkerasan jalan tersebut, lalu dipilih jenis konstruksi perkerasan yang paling menguntungkan sesuai umur rencana yang telah ditetapkan.

1.2. Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang masalah seperti yang sudah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah adalah :

- a. Bagaimana merencanakan tebal perkerasan jalan lentur dan perkerasan jalan kaku.
- b. Bagaimana perbandingan biaya konstruksi dan biaya perawatan sesuai umur rencana penggunaan jalan menggunakan perkerasan jalan lentur pada konstruksi jalan Frontage Road sisi barat Jl A Yani ruas Bundaran Waru (depan Cito) – Jl Ketintang ruas Rumah Sakit Islam.

- c. Bagaimana perbandingan biaya konstruksi dan biaya perawatan sesuai umur rencana penggunaan jalan menggunakan perkerasan jalan kaku pada konstruksi jalan Frontage Road Jl A Yani sisi barat ruas Bundaran Waru (depan Cito) – Jl Ketintang ruas Rumah Sakit Islam.
- d. Apakah dari kedua alternatif tersebut di atas, jika dengan umur rencana 20 tahun alternatif mana yang paling menguntungkan.

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini membahas tentang perhitungan perencanaan tebal perkerasan jalan, perbandingan biaya konstruksi dan pemeliharaan jalan menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku dengan umur rencana 20 tahun. Untuk perhitungan perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga dan perkerasan kaku menggunakan metode NAASRA, perhitungan berdasarkan harga satuan yang telah terkontrak. Sedangkan perhitungan biaya pemeliharaan jalan, besarnya diasumsikan berapa persen dari total biaya konstruksi.

Dari perhitungan tersebut dilakukan analisis ekonomi terhadap penggunaan setiap jenis konstruksi lapisan perkerasan jalan sehingga dapat dievaluasi dan dibandingkan penggunaan setiap jenis konstruksi lapisan perkerasan jalan.

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui jenis perkerasan jalan yang sesuai dengan biaya yang paling ekonomis untuk ruas jalan tersebut. Secara rinci tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Mendapatkan tebal lapisan perkerasan jalan lentur dan perkerasan jalan kaku.
- b. Mendapatkan biaya perkerasan lentur jalan Frontage Road sisi barat Jl A Yani ruas bundaran waru (depan cito) – Jl Ketintang ruas Rumah Sakit Islam.

- c. Mendapatkan biaya perkerasan kaku jalan Frontage Road sisi barat Jl A Yani ruas bundaran waru (depan cito) – Jl Ketintang ruas Rumah Sakit Islam.
- d. Membandingkan kedua alternatif penggunaan lapisan perkerasan tersebut secara ekonomis untuk umur rencana 20 tahun.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Penulis berharap, Tugas Akhir ini dapat dijadikan acuan oleh pemerintah dalam menentukan pilihan atas konstruksi jalan yang akan dibangun di Kota Surabaya sehingga lebih menguntungkan secara ekonomi, dan sesuai umur rencana jalan tanpa kerusakan berarti.

1.6 Lokasi Proyek

Lokasi proyek Frontage Road Sisi Barat Jl. Ahmad Yani ruas Bundaran Waru – Jl. Ketintang ruas Rumah Sakit Islam. Panjang Jalan Frontage Road Sisi Barat berkisar kurang lebih 4,3 Km dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Sumber : google earth ,15 april 2015

Gambar 1.1 Lokasi Proyek Frontage Road Sisi Barat

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Menurut (Wignall, 1999) Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian memberikan kenyamanan kepada pengemudi selama pelayanan jalan tersebut. Untuk itu dalam perencanaan perlulah dipertimbangkan seluruh faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi perkerasan jalan.

2.1. Fungsi Jalan

Sesuai dengan peraturan Undang-Undang tentang jalan, No.13 tahun 1980 dan peraturan Pemerintah No. 26 tahun 1985, sistem jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan atas sistem jaringan jalan primer dan sistem jalan sekunder.

- a. Sistem jaringan jalan primer adalah sistem jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah pada tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud kota.

Berdasarkan fungsi jalan, dapat dibedakan atas:

- 1) Jalan arteri, adalah jalan yang melayani perjalanan dengan ciri-ciri : jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien
- 2) Jalan Kolektor, adalah melayani angkutan pengumpulan/pembagi dengan ciri-ciri jarak perjalanan sedang, jumlah jalan masuk dibatasi.
- 3) Jalan lokal, adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- 4) Sistem jaringan jalan sekunder, adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder atau jalan sekunder dengan jalan sekunder

lainnya serta menghubungkan jalan sekunder dengan jalan ke suatu kawasan.

Berdasarkan fungsinya jalan sekunder terbagi atas:

- 1) Jalan arteri sekunder, adalah penghubung kawasan jalan sekunder dengan kawasan jalan primer, dan kawasan jalan sekunder dengan kawasan jalan sekunder yang lain.
- 2) Jalan kolektor sekunder, adalah Jalan yang menghubungkan kawasan jalan sekunder dua dengan kawasan sekunder kedua.
- 3) Jalan Lokal sekunder, adalah jalan yang menghubungkan kawasan jalan sekunder kesatu dengan perumahan.

2.2. Kinerja Perkerasan Jalan

Kinerja perkerasan jalan (*Pavement performance*) meliputi tiga hal :

1. Keamanan
Dimana ditentukan oleh besarnya gesekan akibat adanya kontak antara ban dan permukaan jalan. Besarnya gaya gesek yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi cuaca dsb.
2. Wujud Perkerasan
Wujud perkerasan sangat dipengaruhi kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak, amblas, alur, gelombang dan lain sebagainya.
3. Fungsi Pelayanan
Sehubungan dengan perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan. Wujud perkerasan dan fungsi pelayanan umumnya merupakan satu kesatuan yang digambarkan dengan “kenyamanan pengemudi “

2.3. Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural (sampai diperlukan overlay lapisan perkerasan). Selama umur rencana

tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan non struktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal cukup tinggi).

2.4. Lalu Lintas

Menurut (Anonymous, 1998.) tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang dipikul, berarti dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas dapat diperoleh dari:

a. Analisa lalu lintas saat ini, sehingga diperoleh data:

- 1) Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan
- 2) Jenis kendaraan beserta jumlah tiap jenisnya.
- 3) Konfigurasi sumbu dari setiap jenis kendaraan.
- 4) Beban masing-masing sumbu kendaraan.

Pada perencanaan jalan baru perkiraan volume lalu lintas ditentukan dengan menggunakan survey volume lalu lintas di dekat jalan tersebut dan analisa pola lalu lintas di sekitar lokasi jalan

b. Perkiraan faktor Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana

Antara lain berdasarkan atas analisa ekonomi dan social daerah tersebut. Di negara sedang berkembang termasuk Indonesia, analisa lalu lintas yang dapat menunjang data perencanaan dengan ketelitian yang memadai sukar dilakukan, karena :

- 1) Kurangnya data yang dibutuhkan
- 2) Sukar memperkirakan perkembangan yang akan datang karena belum adanya rancangan induk di sebagian besar wilayah Indonesia.

2.5. Sifat Tanah Dasar

Subgrade atau lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah yang paling atas, dimana diletakkan lapisan perkerasan dengan material yang lebih baik. Sifat tanah dasar mempengaruhi ketahanan lapisan di atasnya dan mutu jalan secara keseluruhan. Banyak metode yang dipakai dalam menentukan daya dukung tanah dasar, dari cara yang sederhana sampai kepada cara yang rumit seperti CBR (*California Bearing Ratio*), M_r (*Resilient Modulus*), DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*), k (Modulus reaksi tanah dasar). Di Indonesia daya dukung tanah dasar untuk perencanaan tebal perkerasan ditentukan dengan menggunakan pemeriksaan CBR.

2.6. Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan dimana lokasi jalan tersebut berada mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar antara lain :

- a. Berpengaruh terhadap sifat teknis konstruksi perkerasan dan sifat komponen material lapisan perkerasan.
- b. Pelapukan bahan material.
- c. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan perkerasan jalan.

Faktor utama yang mempengaruhi konstruksi perkerasan jalan adalah air yang berasal dari hujan dan pengaruh perubahan temperatur akibat perubahan cuaca.

2.7. Pengendalian Proyek Konstruksi

Pada Proyek jalan memiliki karakteristik unik yang tidak berulang. Proses yang terjadi pada suatu proyek tidak akan berulang pada proyek lainnya. Hal ini disebabkan oleh kondisi yang mempengaruhi proses suatu proyek jalan berbeda satu sama lain. Misalnya kondisi alam seperti perbedaan letak geografis, hujan, gempa dan keadaan tanah merupakan faktor yang turut mempengaruhi keunikan proyek konstruksi.

Proses pengendalian berjalan sepanjang daur hidup proyek guna mewujudkan performa yang baik dalam setiap tahap. Bahan acuan tersebut selanjutnya akan menjadi standar pelaksanaan pada proyek yang bersangkutan, meliputi spesifikasi teknik, jadwal, dan anggaran.

Pemantauan harus dilakukan selama masa pelaksanaan proyek untuk mengetahui prestasi dan kemajuan yang telah dicapai. Informasi hasil pemantauan ini berguna sebagai menjadi bahan evaluasi performa yang telah dicapai pada saat pelaporan. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan kemajuan yang dicapai berdasarkan hasil pemantauan dengan standar yang telah dibuat berdasarkan perencanaan.

2.8. Estimasi Biaya Konstruksi

Dalam pelaksanaan proyek jalan dibutuhkan beberapa macam estimasi yang berbeda didasarkan pada tujuan penggunaan. Macam-macam estimasi tersebut (Istimawan Dipohusodo, 1995) adalah sebagai berikut:

- a) Estimasi pendahuluan, dibuat pada awal proyek dan dalam rangka pendekatan ekonomi.
- b) Estimasi terperinci, dibuat dengan dasar hitungan detail.
- c) Estimasi definitif, merupakan gambaran biaya dan tanggung jawab dari keseluruhan untuk suatu proyek dengan kemungkinan kecil terjadi kesalahan.

Sedangkan cara estimasi adalah sebagai berikut:

- a) Estimasi dipandang sebagai fungsi dan peruntukannya.
- b) Estimasi berdasarkan jumlah tiap meter persegi luas
- c) Survey dan perhitungan kuantitas pendahuluan dengan penerapan harga satuan hanya pada pekerjaan terpasang. Sedang beberapa pos pekerjaan lainnya dioperasikan sebagai persentase dari seluruh bangunan.
- d) Survey dan analisis perhitungan kuantitas (volume) pekerjaan secara detail dan terinci kemudian ditetapkan pada harga satuan masing-masing.

Langkah – langkah pokok estimasi :

Estimasi keseluruhan biaya konstruksi jalan biasanya meliputi analisa perhitungan terhadap lima unsur kegiatan (Istimawan Dipohusodo, 1995), yaitu :

a) Biaya Material

Analisa meliputi perhitungan seluruh kebutuhan volume dan biaya material yang digunakan untuk setiap komponen konstruksi jalan, baik material pekerjaan pokok maupun penunjang. Dalam menghitung volume material akan dijumpai beberapa kondisi yang sekaligus membatasi pemahamannya. Pertama-tama adalah kebutuhan material berdasarkan pada volume pekerjaan terpasang, yaitu hasil pekerjaan yang dibayar pemberi tugas yang akurasi dimensinya harus dijamin benar-benar sesuai dengan spesifikasi dan gambar. Untuk mewujudkan pekerjaan terpasang, sudah tentu dalam pelaksanaannya membutuhkan volume material yang lebih banyak. Dalam arti harus memperhitungkan bagian material yang tercecceh pada waktu mengangkut, kebutuhan untuk struktur sambungan, rusak dan cacat atau susut oleh beberapa sebab lain.

b) Biaya Tenaga Kerja

Estimasi komponen tenaga kerja merupakan aspek paling sulit dari keseluruhan analisa biaya konstruksi. Banyak faktor berpengaruh yang harus diperhitungkan antara lain: kondisi tempat kerja, ketrampilan, lama waktu kerja, kepadatan penduduk, persaingan produktifitas, dan indeks biaya hidup setempat. Dari sekian banyak faktor, yang paling sulit adalah mengukur dan menetapkan tingkat produktifitas, yaitu prestasi pekerjaan yang dapat dicapai oleh pekerja atau regu kerja setiap satuan waktu yang ditentukan. Tingkat produktifitas selain tergantung pada keahlian, keterampilan juga terkait dengan sikap mental pekerja yang sangat dipengaruhi oleh keadaan setempat dan lingkungan.

c) Biaya Peralatan

Estimasi biaya peralatan termasuk pembelian atau sewa, mobilisasi, memindahkan, transportasi, memasang, membongkar, dan pengoperasian selama konstruksi jalan berlangsung.

Sehubungan dengan kepentingannya, kontraktor tidak jarang memakai sekaligus dua macam cara menghitung satuan biaya peralatan, yaitu hanya selama jam kerja dioperasikan atau termasuk pula dalam keadaan menganggur (*idle*). Sedangkan apabila satuan biaya berdasarkan pada volume hasil pekerjaan, maka seluruh biaya operasi alat selama melaksanakan pekerjaan sampai selesai dibagi dengan hasil prestasi volume.

d) Biaya Tak Langsung

Biaya tidak langsung dibagi dua golongan yaitu biaya umum (*overhead coast*) dan biaya proyek. Pembukuan biaya umum biasanya tidak segera dimasukkan dalam pembelanjaan suatu pekerjaan dalam proyek. Sedangkan yang dapat dikelompokkan sebagai biaya proyek adalah pengeluaran yang dapat dibebankan dalam proyek tapi tidak dimasukkan pada biaya material, upah kerja, atau peralatan.

e) Keuntungan Perusahaan

Nilai perusahaan pada umumnya dinyatakan sebagai prosentase dari seluruh jumlah pembiayaan. Nilainya dapat berkisar antara 8 %- 12 % dimana sangat tergantung pada seberapa besar kehendak kontraktor untuk meraih pekerjaan sekaligus motivasi pemikiran pantas tidaknya untuk mendapatkannya (Keppres Nomor 80, 2003).

2.9. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek berguna untuk menentukan waktu dan urutan -urutan kegiatan proyek dan dibuat berdasarkan perincian kegiatan. Perangkat manajemen yang berupa jadwal ini menunjukkan kapan suatu kegiatan harus dimulai dan diselesaikan, serta memberikan landasan dalam penyusunan sistem monitoring dan pelaporan secara terus- menerus. Ada beberapa macam cara penjadwalan proyek yang dikenal, tetapi yang sering digunakan yaitu jaringan kerja dan bagan balok (Istimawan Dipohusodo, 1996).

2.10. Metode

Metode desain dalam perancangan perkerasan ini adalah metode NAASRA dan Bina Marga. Dalam perancangan perkerasan ini ada dua tipe desain yang akan diolah yaitu tipe perkerasan lentur dan kaku. Untuk perkerasan lentur dipakai metode Bina Marga dan untuk perkerasan kaku dipakai metode NAASRA.

2.10.1 Analisa Kebutuhan pelebaran Jalan

Analisa kapasitas untuk kebutuhan pelebaran jalan yang diperlukan untuk jalan luar kota 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD)

a. Kapasitas Dasar

Kapasitas dasar adalah arus lalu lintas maksimum pada suatu segmen jalan dalam kondisi tertentu (geometrik, pada arus lalu lintas dan faktor lingkungan). Sedangkan segmen jalan adalah suatu panjang jalan yang mempunyai karakteristik geometrik dan karakteristik lainnya serupa dari seluruh panjangnya dan dimana karakteristik jalan berubah secara berarti ditetapkan sebagai batas segmen.

Nilai dari kapasitas dasar dapat ditentukan dengan mengetahui tipe alinyemen jalan vertikal dan horisontal.

Tabel 2.1. Kapasitas Dasar pada Jalan Luar Kota 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD)

Tipe Alinyemen	Naik + Turun (M/Km)	Lengkung Horisontal (Rad/Km)
Alinyemen datar	< 10	< 1,0
Alinyemen Bukit	10 – 30	1,0 – 2,5
Alinyemen Gunung	> 30	> 2,5

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

Tabel 2.2. Kapasitas Dasar pada Jalan Luar Kota 2 Lajur 2 Arah Tak Terbagi (2/2 UD)

Type Jalan / Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam)
Datar	3.100
Bukit	3.000
Gunung	2.900

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

➤ **Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)**

Tabel 2.3. Faktor Kapasitas Akibat Lebar Jalur Lalu Lintas (FCw)

Type Jalan	Lebar Efektif Jalur Lalu Lintas (WC) (meter)	FCw
Dua Lajur tak terbagi	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,9
	7	1,00
	8	1,08
	9	1,15
	10	1,21
	11	1,27

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

➤ **Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FCsp)**

Hanya untuk jalan tak terbagi hal ini dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah (FCsp)

Pemisahan arah (sp) %-%		50- 50	55- 54	60- 40	65- 35	70- 30
FCsp	Dua- lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

➤ **Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)**

Berdasarkan pada lebar efektif bahu (ws) dan kelas hambatan samping (FCsf) hal ini dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping (FCsf)			
		Lebar Bahu Efektif (WS)			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
4/2 UD	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

Dimana :

VL	=	sangat rendah
L	=	rendah
M	=	sedang
H	=	tinggi
VH	=	sangat tinggi

Tabel 2.6. Kelas Hambatan Samping

Kelas Hambatan Samping	Kode	Frekuensi Ber- bobot dari Kejadian (Kedua Sisi)	Kondisi Khas
Sangat rendah	VL	< 50	Pedesaan : Pertanian atau belum berkembang
Rendah	L	50 – 150	: Beberapa bangunan dan kegiatan
Sedang	M	150 – 250	: samping jalan
	H	250 – 350	: Kegiatan pemukiman
Sangat tinggi	VH	> 350	Kampung Beberapa kegiatan pasar
			Kampung
			Hampir perkotaan banyak pasar / kegiatan niaga

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

Tabel 2.7.Ekivalensi Kendaraan Penumpang (EMP) Untuk 2/2 UD

Tipe Alinyemen	Arus Total (Kend/Jam)	Ekivalen Mobil Penumpang					
		Truk 2 As	Truk 3 As	Bis	Sepeda Motor		
					Lebar Jalur Lalu Lintas (m)		
					6-8 m	> 8 m	< 6 m
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,6	0,4	0,8
	800	1,8	1,8	2,7	0,9	0,6	1,2
	1350	1,5	1,6	2,5	0,7	0,5	0,9
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,5	0,4	0,6
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,5	0,3	0,7
	650	2,4	2,5	5,0	0,8	0,5	1,0
	1100	2,0	2,0	4,0	0,6	0,4	0,8
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,4	0,3	0,5
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,4	0,2	0,6
	450	3,0	3,2	5,5	0,7	0,4	0,9
	900	2,5	2,5	5,0	0,5	0,3	0,7
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,4	0,3	0,5

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

b. Menentukan Kapasitas

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \text{ (SMP/Jam)}$$

Dimana :

C = Kapasitas

C_o = Kapasitas dasar (SMP/Jam)

FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = Faktor penyesuaian akibat pemisahan arah

FC_{SF} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

c. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus lalu lintas terhadap kapasitas.

Derajat kejenuhan yang dihitung menunjukkan bahwa kebutuhan lalu lintas untuk jam rencana benar-benar melampaui kapasitas, dalam kondisi ini menunjukkan kondisi macet.

Untuk menghitung derajat kejenuhan (DS) dengan menggunakan rumus :

$$DS = \frac{Q}{C}$$

Dimana :

Ds = Derajat kejenuhan

Q = Arus total lalu lintas (SMP/Jam)

C = Kapasitas (SMP/Jam)

$DS < 0,75$

$Q = LHR \times \text{Faktor K} \times EMP (1 + i)^n$

Dimana :

Q = Arus total lalu lintas (SMP/Jam)

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata

Faktor K = Faktor pengubah dari LHR ke lalu lintas jam puncak Ditetapkan 0,11

EMP = Ekvivalen Mobil Penumpang

i = Perkembangan lalu lintas (%)

n = Umur rencana (tahun)

• Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (VLHR)

$VLHR = LHR \times EMP \times (1 + i)^n$

Dimana :

$VLHR$ = Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (SMP/hari)

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata (kendaraan/hari)

EMP = Ekvivalen Mobil Penumpang

i = Perkembangan lalu lintas (%)

n = Umur rencana (tahun)

d. Lebar Lajur

Lebar jalur ditentukan oleh jumlah lalu lintas dan fungsi jalan untuk keamanan dan kenyamanan pemakai jalan.

Tabel 2.8. Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR (SMP/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	IDEAL		MINIMUM		IDEAL		MINIMUM		IDEAL		MINIMUM	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu Jalan (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu Jalan (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu Jalan (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu Jalan (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu Jalan (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu Jalan (m)
< 3000	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1	6	1	4,5	1
3000-10.000	7	2	6	1,5	7	1,5	6	1,5	7	1,5	6	1
10000-25000	7	2	7	2	7	2	**)	**))	-	-	-	-
> 2500	2.nx3,5 ^{*)}	2,5	2x7 ^{*)}	2	2.nx3,5 ^{*)}	2	**))	**))	-	-	-	-

Sumber : MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia) 1997

Keterangan : **) = mengacu pada persyaratan ideal

*) = 2 jalur terbagi, masing - masing n x 3,5 m dimana

n = jumlah lajur per jalur

- = tidak ditentukan

2.10.2 Metode Bina Marga

a. Pengolahan dan analisis

Desain perkerasan lentur meliputi perhitungan berikut:

1. Menentukan Kelas Jalan

Mengumpulkan data dengan melakukan survey untuk mendapatkan jumlah dari tiap kendaraan berdasarkan pembagian jenis tiap kendaraan.

Jenis kendaraan 1 = Jml. Kend 1 x koef. Smp
=.....buah

Jenis kendaraan 2 = Jml. Kend.2 x koef. Smp
=.....buah

Jenis kendaraan 3 = Jml. Kend.3 x koef. Smp
=.....buah

Jenis kendaraan 4 = Jml. Kend.3 x koef. Smp
=.....buah

Jumlah lalu lintas harian rata-rata =.....buah

Penentuan koefisien smp (satuan mobil penumpang) berdasarkan jenis kendaraan.

Tabel 2.9. Penentuan Koefisien satuan mobil penumpang

No	Jenis Kendaraan	Koefisien (smp)
1.	Sepeda	0,5
2.	Mobil penumpang / sepeda motor	2
3.	Truk ringan (berat kotor < 5 ton)	2,5
4.	Truk sedang > 5 ton	5
5.	Bus	3
6.	Truk berat > 10 ton	3
7.	Kendaraan tak bermotor	7

(Sumber : “Per. Perenc. Geometrik Jalan Raya; Direktorat Jenderal Bina Marga : hal 3) Dari nilai jumlah lalu lintas harian rata-rata dalam smp didapatkan klasifikasi kelas jalan.

Tabel 2.10. Klasifikasi fungsi/kelas jalan

Klasifikasi		Lalu Lintas Harian Rata-Rata (LHR) dalam smp
Fungsi	Kelas	
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6.000 sampai 20.000
Penghubung	II B	1.500 sampai 8.000
	II C	< 2.000
	III	-

Sumber : “Per. Perenc. Geometri Jalan Raya; Dirjen Bina Marga : hal 4

Berdasarkan hubungan klasifikasi jalan dan klasifikasi medan diperoleh lebar perkerasan (L).

2. Menentukan Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas didefinisikan sebagai kecepatan pada saat tingkatan arus nol, sesuai dengan kecepatan yang akan dipilih pengemudi seandainya mengendarai kendaraan bermotor tanpa halangan kendaraan bermotor lain di jalan (yaitu saat arus = 0).

Kecepatan arus bebas telah diamati melalui pengumpulan data lapangan, dari mana hubungan antara kecepatan arus bebas dengan kondisi geometrik dan lingkungan telah ditetapkan dengan cara regresi. Kecepatan arus bebas kendaraan ringan telah dipilih sebagai kriteria dasar untuk kinerja segmen jalan pada saat arus = 0. Kecepatan arus bebas kendaraan berat menengah, bus besar, truk besar dan sepeda motor juga diberikan sebagai rujukan. Kecepatan arus bebas mobil penumpang biasanya adalah 10-15% lebih tinggi dari tipe kendaraan ringan lain. Kecepatan arus bebas kendaraan bebas pada jalan luar kota ini dihitung dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$$FV = (FV_0 + FV_w) \times FFV_{SF} \times FFV_{RC}$$

Sedangkan untuk menghitung kecepatan arus bebas kendaraan berat menengah menggunakan rumus dibawah ini :

$$FV_{MHV} = FV_{MHV,0} - FFV \times FV_{MHV,0} / FV_0$$

Dimana :

FV : Kecepatan arus bebas kendaraan ringan pada kondisi lapangan (km/jam)

FV₀ : Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FFVw: Penyesuaian untuk lebar efektif jalur lalu lintas (km/jam)

FFVsf: Faktor penyesuaian untuk kondisi hambatan sampling

FFVRC : Faktor penyesuaian untuk kelas fungsi jalan

FVMHVo : Kecepatan arus bebas dasar MHV (pada tabel 2.11)

Tabel 2.11. Kecepatan Arus Bebas Dasar untuk Jalan Luar kota (FV₀)

Tipe jalan/ Tipe alinyemen/ (Kelas jarak pandang)	Kecepatan arus bebas dasar (km/jam)				
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat menengah MHV	Bus besar LB	Truk besar LT	Sepeda motor MC
Enam-lajur terbagi					
- Datar	83	67	86	64	64
- Bukit	71	56	68	52	58
- Gunung	62	45	55	40	55
Empat-lajur terbagi					
- Datar	78	65	81	62	64
- Bukit	68	55	66	51	58
- Gunung	60	44	53	39	55
Empat-lajur tak terbagi					
- Datar	74	63	78	60	60
- Bukit	66	54	65	50	56
- Gunung	58	43	52	39	53
Dua-lajur tak terbagi					
- Datar SDC: A	68	60	73	58	55
- " " B	65	57	69	55	54
- " " C	61	54	63	52	53
- Bukit	61	52	62	49	53
- Gunung	55	42	50	38	51

Sumber : MKJI 1997

Untuk mengetahui FVw digunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2.12. Penyesuaian akibat Lebar Jalur Lalu - Lintas (FV_w)

Tipe jalan	Lebar efektif jalur lalu lintas (W_c) (m)	FV_w (km/jam)		
		Datar: $SDC = A, B$	- Bukit: $SDC = A, B, C$ - Datar: $SDC = C$	Gunung
Empat-lajur dan Enam-lajur terbagi	Per lajur 3,00	-3	-3	-2
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
Empat-lajur tak terbagi	Per lajur 3,00	-3	-2	-1
	3,25	-1	-1	-1
	3,50	0	0	0
	3,75	2	2	2
Dua-lajur tak terbagi	Total			
	5	-11	-9	-7
	6	-3	-2	-1
	7	0	0	0
	8	1	1	0
	9	2	2	1
	10	3	3	2
	11	3	3	2

Sumber : MKJI 1997

Untuk mengetahui FFV_{SF} digunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2.13. Faktor Penyesuaian akibat Hambatan Samping dan Lebar Bahu (FFV_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping dan lebar bahu			
		Lebar bahu efektif W_s (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat-lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,98	0,98	0,98	0,99
	Sedang	0,95	0,95	0,96	0,98
	Tinggi	0,91	0,92	0,93	0,97
	Sangat Tinggi	0,86	0,87	0,89	0,96
Empat-lajur tak terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,92	0,94	0,95	0,97
	Tinggi	0,88	0,89	0,90	0,96
	Sangat Tinggi	0,81	0,83	0,85	0,95
Dua-lajur tak terbagi 2/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,00	1,00	1,00
	Rendah	0,96	0,97	0,97	0,98
	Sedang	0,91	0,92	0,93	0,97
	Tinggi	0,85	0,87	0,88	0,95
	Sangat Tinggi	0,76	0,79	0,82	0,93

Sumber : MKJI 1997

Faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk jalan dengan enam lajur dapat ditentukan dengan menggunakan

nilai FFVSF untuk jalan empat-lajur dengan modifikasi seperti dijelaskan dibawah:

$$FFV_{6,SF} = 1 - 0,8 \times (1 - FFV_{4,SF})$$

di mana:

FFV_{6,SF} = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk jalan enam-lajur (km/jam)

FFV_{4,SF} = faktor penyesuaian kecepatan arus bebas untuk jalan empat-lajur (km/jam)

Untuk mengetahui FFVRC digunakan tabel dibawah ini :

Tabel 2.14. Faktor Penyesuaian akibat Kelas Fungsional Jalan dan Guna Lahan (FFVRC)

Tipe Jalan	Faktor penyesuaian FFV _{RC}				
	Pengembangan samping jalan (%)				
	0	25	50	75	100
Empat-lajur terbagi					
Arteri	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95
Kolektor	0,99	0,98	0,97	0,95	0,94
Lokal	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93
Empat-lajur tak-terbagi					
Arteri	1,00	0,99	0,97	0,96	0,945
Kolektor	0,97	0,96	0,94	0,93	0,915
Lokal	0,95	0,94	0,92	0,91	0,895
Dua-lajur tak-terbagi					
Arteri	1,00	0,98	0,97	0,96	0,94
Kolektor	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88
Lokal	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84

Sumber : MKJI 1997

Untuk jalan dengan lebih dari empat lajur (banyak-lajur), FFVRC dapat diambil sama seperti untuk jalan 4-lajur.

Tabel 2.15. Standard Perencanaan Geometrik Jalan

KLARIFIKASI JALAN	JALAN RAYA UTAMA			JALAN RAYA SEKUNDER									JALAN PENGHUBUNG		
	I			IIA			IIB			IIC			III		
KLARIFIKASI MEDAN	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G	D	B	G
L. lintas harian rata2 (LHR) Dalam smp	> 20.000			6000 - 20.000			1500 - 8000			< 2000			-		
Kec. Rencana (Km/jam)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	60	40	30	60	40	30
Lebar daerah pengusaan Minimum (m)	60	60	60	40	30	30	30	30	30	30	30	30	20	20	20
Lebar perkerasan (m)	Min 2 (2x3.75)			2x3.50 atau 2x(2x3.50)			2x3.50			2x3.0			3.50x6.00		
L. median minimum (m)	10			1.50**			-			-			-		
Lebar bahu (m)	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	3.0	2.5	2.5	2.5	1.5	1.0	4.5	2.5*	-
Lereng melintang	2%			2%			2%			3%			4%		
Perkerasan Lereng melintang bahu	4%			4%			6%			6%			6%		
Jenis lap.Permukaan jalan	Aspal Rigid (hot mix)			Aspal Rigid			Penetrasi berganda atau setaraf			Maks penetrasi tunggal			Paling tinggi pelaburan dengan aspal		
Miring tikungan maks	10%			10%			10%			10%			10%		
Jari2 lengkung min (m)	560	350	210	350	210	115	210	115	50	115	50	30	115	50	30
Landai maksimum	3%	5%	6%	4%	6%	7%	5%	7%	8%	6%	8%	10%	6%	8%	12%
Catatan : * Menurut keadaan setempat ** Untuk 4 jalur															

Sumber : SNI-07-2416-1991

Analisis Tebal Perkerasan :

1. Perhitungan lintas equivalen pada akhir umur rencana (LHR_n)

Rumus : $LHR_n = LHR_p (1+r)^n$

Dimana :

LHR_p = Lintas ekuivalen pada saat jalan baru dibuka

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana

N = Umur rencana jalan

(Sumber: “Perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman : 112”)

2. Perhitungan Angka Equivalen beban sumbu (E)

Rumus : $E = \left(\frac{Lb}{8160} \right)^4 \cdot k$

Dimana :

L_b = Beban sumbu kendaraan (kg)

K = 1 (untuk sumbu tunggal)

= 0.086 (untuk sumbu tandem)

= 0.021 (untuk sumbu triple)

(Sumber : “perkerasan Lentur Jalan Raya, Silvia Sukirman : 99”)

3. Perhitungan lintas equivalen permulaan (LEP)

Rumus : $LEP = LHR_n \cdot c \cdot E$

Dimana :

c = koef. distribusi lajur yang diperoleh dari hubungan lebar perkerasan (L), jumlah lajur (j) dan berat kendaraan (w), terbagi 2 yaitu c_1 =Koef. distribusi lajur untuk kendaraan ringan;

c_2 = Koef. distribusi lajur untuk kendaraan berat

E = Angka equivalent beban sumbu

LHR = Lintas equivalent pada akhir umur rencana

Tabel 2.16. Pedoman Penentuan Jumlah Lajur

No.	Lebar Perkerasan	Jumlah Lajur (m)
1.	$L < 5.5 \text{ m}$	1 Lajur
2.	$5.5 \text{ m} < L < 8.25 \text{ m}$	2 Lajur
3.	$8.25 \text{ m} < L < 11.25 \text{ m}$	3 Lajur
4.	$11.25 \text{ m} < L < 15.00 \text{ m}$	4 Lajur
5.	$15.00 \text{ m} < L < 18.75 \text{ m}$	5 Lajur
6.	$18.75 \text{ m} < L < 22.00 \text{ m}$	6 Lajur

Sumber : “Per. Perenc. Geometrik Jalan Raya ; Dirjen Bina Marga : hal 15

Tabel 2.17. Koefisien Distribusi Ke Lajur Rencana

No.	Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *		Kendaraan Berat **	
		1 Arah	2 Arah	1 Arah	2 Arah
1.	1 Lajur	1,00	0,50	1,00	0,50
2.	2 Lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3.	3 Lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4.	4 Lajur		0,30		0,45
5.	5 Lajur		0,25		0,425
6.	6 Lajur		0,20		0,40

* berat total < 5 ton, seperti sedan , pick up

** berat total > 5 ton, seperti bus, truk, dan traktor

Sumber : PLJR, Silvia Sukirman : 112

4. Perhitungan lintas equivalen akhir (LEA)

$$\text{Rumus : LEA} = \text{LEP} (1+r)^n$$

Dimana :

LEP = lintas equivalent permulaan

r = faktor pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana

n = umur rencana jalan

(Sumber : PLJR, Silvia Sukirman ; 133)

5. Perhitungan lintas equivalen tengah (LET)

$$\text{Rumus : LET} = \frac{1}{2} (S \text{ LEP} + S \text{ LEA})$$

(Sumber: PLJR, Silvia Sukirman).

6. Perhitungan lintas equivalent rencana (LER)

Rumus : $LER = LET \cdot F_p$

Dimana :

LET = Lintas Equivalen Tengah

F_p = Faktor penyesuaian

($n/10 \dots n$ = Umur rencana jalan)

(Sumber : PLJR, Silvia Sukirman)

7. Perhitungan nilai CBR segmen jalan

Rumus :

$$CBR_{\text{segmen jalan}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \left[\frac{(CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})}{R} \right]$$

Dimana;

$$CBR_{\text{rata-rata}} = \left(\frac{\sum CBR_{\text{Tanah.dasar}}}{Jumlah..data} \right)$$

R = Nilai yang diperoleh dari hubungan antara jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam 1 segmen. Besarnya nilai R dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.18. Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai (R)
2	1.41
3	1.91
4	2.24
5	2.48
6	2.67
7	2.83
8	2.96
9	3.08
> 10	3.18

Sumber : PLJR, Silvia Sukirman ; 117

8. Mencari ITP (Indeks Tebal Perkerasan)
 - a. DDT (Daya Dukung Tanah) yang diperoleh dari korelasi antara nilai CBR_{segmen}
 - 1) Tentukan nilai daya dukung tanah dasar, dengan mempergunakan pemeriksaan CBR
 - 2) Dengan memperhatikan nilai CBR yang diperoleh, keadaan lingkungan, jenis dan kondisi tanah dasar disepanjang jalan, tentukanlah CBR segmen.
 - 3) Tentukan nilai Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dari setiap nilai CBR segmen yang diperoleh dengan mempergunakan gambar disamping. Grafik CBR mempergunakan skala logaritma, sedangkan grafik DDT mempergunakan skala linear.
 - 4) Tentukan umur rencana dari jalan yang hendak direncanakan. Umumnya jalan baru mempergunakan umur rencana 20 tahun, dapat dengan konstruksi bertahap (*stage construction*).
 - 5) Jika dilakukan konstruksi bertahap, tentukan tahapan pelaksanaanya.
 - b. FR (Faktor Regional) yang diperoleh dari hubungan curah hujan, kelandaian dan % berat kendaraan

Tabel 2.19. Hubungan curah hujan, kelandaian dan % berat kendaraan

Curah Hujan	Kelandaian I (< 6 %), Kelandaian II (6-10 %), Kelandaian III (>10 %)					
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	< 30 %	> 30 %	< 30 %	> 30 %	< 30%	> 30 %
Iklim I < 900 mm/th	0.5	1.0-1.5	1.0	1.5 - 2.0	1.5	2.0 - 2.5
Iklim II > 900 mm/th	1.5	2.0-2.5	2.0	2.5 - 3.0	2.5	3.0 - 3.5

Sumber : Bina Marga, 1987

- c. IPo (Indeks Permukaan pada awal umur rencana) diperoleh berdasarkan dengan jenis lapis permukaan

Tabel 2.20. Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapisan Permukaan	IPo	Roughness * (mm/km)
Laston	> 4	< 1000
	3.9 – 3.5	> 1000
Labustag	3.9 – 3.5	< 2000
	3.4 – 3.0	> 1000
HRA	3.9 - 3.5	< 2000
	3.4 – 3.0	> 2000
Burda	3.9 – 3.5	< 2000
Burtu	3.4 – 3.0	< 2000
Lapen	3.4 – 3.0	< 3000
	2.9 – 2.5	>3000
Latasbum	2.9 – 2.5	
Buras	2.9 – 2.5	
Latasir	2.9 – 2.5	
Jalan Tanah	< 2.4	
Jalan Kerikil	< 2.4	

Sumber : Bina Marga, 1987

- * Alat pengukur roughometer yang dipakai adalah roughometer NAASRA, yang dipasang pada

kendaraan standard Datsun 1500 stasiun wagon, dengan kecepatan kendaraan kurang lebih 32 km/jam.

- d. IP_t (Indeks Permukaan pada akhir umur rencana) diperoleh dari hubungan klasifikasi jalan dengan LER (lintas equivalent rencana)

Tabel 2.21. Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP_t)

LER = Lintas Ekuivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1.0 – 1.5	1.5	1.5 – 2.0	-
10 – 100	1.5	1.5 – 2.0	2.0	-
100 – 1000	1.5 – 2.0	2.0	2.0 – 2.5	-
> 1000	-	2.0 – 2.5	2.5	2.5

Sumber : Bina Marga, 1987

Dari hubungan IP_t , IP_o , DDT, LER dan FR maka diperoleh nilai ITP.

9. Perhitungan masing-masing tebal perkerasan

a. Lapisan permukaan

Menentukan nilai a_1 (koef. relatif bahan untuk lapisan permukaan) yang didasari atas jenis bahan yang direncanakan

Dari hubungan nilai ITP yang diperoleh dan jenis bahan yang direncanakan, diperoleh tebal minimum untuk lapisan permukaan (D_1)

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$D_1 = \frac{ITP - (a_2 \cdot D_2) - (a_3 \cdot D_3)}{a_1}$$

Tabel 2.22. Koefisien Kekuatan Relatif Bahan

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a_1	a_2	a_3	MS (Kg)	Kt (Kg/c)	CBR (%)	
0.40			744			
0.35			590			
0.32			454			LASTON
0.30			340			
0.35			744			
0.31			590			
0.28			454			Asbuton
0.26			340			
0.30			340			Hot Rolled Asphalt
0.26			340			Aspal Macadam
0.25						LAPEN (mekanis)
0.20						LAPEN (manual)
	0.28		590			
	0.26		454			LASTON ATAS
	0.24		340			
	0.23					LAPEN (mekanis)
	0.19					LAPEN (manual)
	0.15			22		Stabilitas tanah dengan semen
	0.13			18		Stab. tanah dgn kapur
	0.15			22		
	0.13			18		
	0.14				100	Pondasi Macadam (basah)
	0.12				60	Pondasi Macadam (kering)
	0.14				100	B. Pecah (Kelas A)
	0.13				80	B. Pecah (Kelas B)
	0.12				60	Batu Pecah (Kelas C)

Lanjutan **Tabel 2.22**

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a_1	a_2	a_3	MS (Kg)	K _t (Kg/c)	CBR (%)	
		0.13			70	Siru/Pitrun (Kelas A)
		0.12			50	Siru/Pitrun (Kelas BA)
		0.11			30	Siru/Pitrun (Kelas C)
		0.10			20	Tanah/Lempung Kepasiran

Sumber : Bina Marga, 1987

Catatan : Kuat tekstabilisasi tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7. Kuat tekan stabilisasi tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke 21.

Tabel 2.23. Tebal Minimum Lapisan

1. Lapisan Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3.00		Lapisan pelindung BURAS, BURTU/BURDA
3.00 – 6.70	5	LAPEN / aspal macadam ,HA, asbuton, LASTON
6.71 – 7.49	7.5	LAPEN/aspal macadam ,HA, asbuton, LASTON
7.50 – 9.99	7.5	Asbuton, LASTON
10.00	10	LASTON

Sumber : Bina Marga, 1987

2. Lapisan Pondasi

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3.00	15	Batu pecah, stabilitas, tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3.00 – 6.70	20	Batu pecah, stabilitas, tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	LASTON ATAS
6.71 – 7.49	20 *)	Batu pecah, stabilitas, tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
	15	LASTON ATAS
7.50 – 9.99	20	Batu pecah, stabilitas, tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, LAPEN, LASTON ATAS
10.00	25	Batu pecah, stabilitas, tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, LAPEN, LASTON ATAS

Sumber : Bina Marga, 1987

* Batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm, bila untuk pondasi bawah digunakan material bebutir kasar.

b. Lapisan base

Menentukan nilai a_2 (koef. relatif bahan untuk lapisan base) yang didasari atas jenis bahan yang direncanakan

(Lihat Tabel lapisan permukaan untuk a_1)

Dari hubungan nilai ITP yang diperoleh dan jenis bahan yang direncanakan, diperoleh tebal minimum untuk lapisan base (D_2)

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$D_2 = \frac{ITP - (a_1 \cdot D_1) - (a_3 \cdot D_3)}{a_2}$$

c. Lapisan sub base

Menentukan nilai a_3 (koef. relatif bahan untuk lapisan Sub base) berdasarkan jenis bahan yang direncanakan.

(Lihat Tabel lapisan permukaan untuk a_1)

Menentukan nilai D_3 (tebal minimum lapisan Sub Base) yang diperoleh dari hubungan nilai ITP, a_1 , a_2 , a_3 , D_1 , D_2

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3$$

$$D_3 = \frac{ITP - (a_1 \cdot D_1) - (a_2 \cdot D_2)}{a_3}$$

(Sumber : PLJR, Silvia Sukirman ; 135)

Sehingga diperoleh :

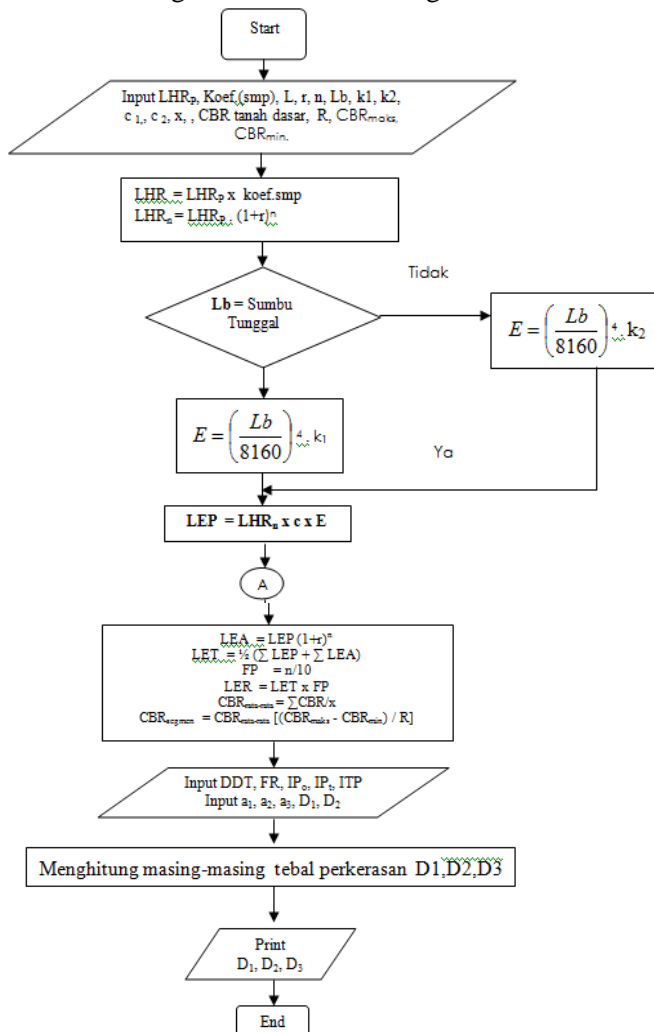
Tebal lapisan permukaan (D_1)

Tebal lapisan base (D_2)

Tebal lapisan sub base (D_3)

2.10.3 Flow Chart

Perkerasan Lentur dengan metode Bina Marga.



Gambar 2.1. Flowchart Perkerasan Lentur Metode Bina Marga

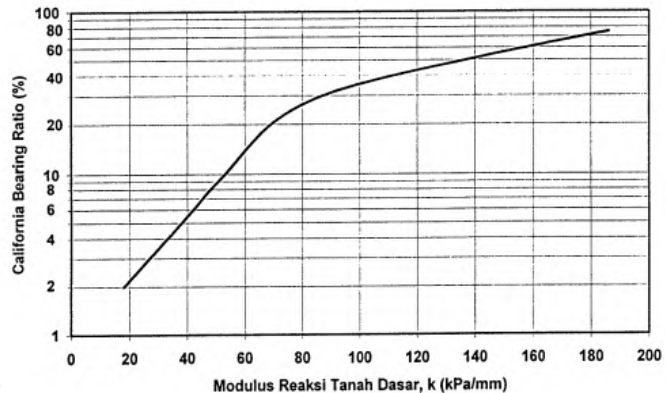
2.10.4 Metode NAASRA

a. Pengelolahan dan Analisis

Perencanaan tebal perkerasan kaku berdasarkan Modul Kuliah Perkerasan Jalan sebagai berikut :

1. Kekuatan Lapisan Tanah Dasar

Kekuatan Tanah Dasar dapat diperoleh dengan Plate Bearing Test yang digunakan untuk memperoleh Modulus Reaksi Tanah Dasar (k). Nilai k saling berhubungan dengan nilai CBR. Hubungan dari keduanya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



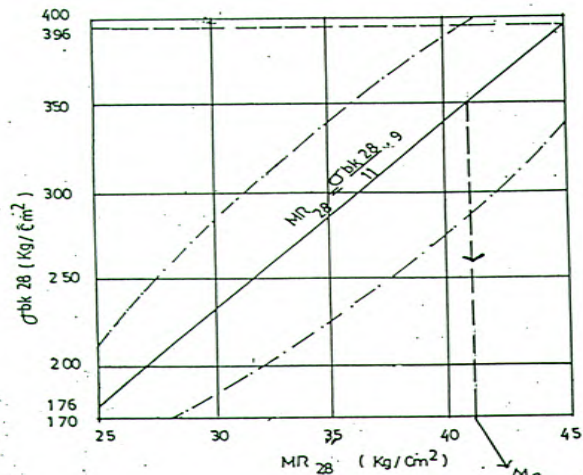
Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

Gambar 2.2. Modulus Reaksi Tanah Dasar
Hubungan antara Jenis bahan dan nilai k dapat dilihat pada Tabel 2.24.

Tabel 2.24. Tabel Modulus Kekuatan Tanah Dasar

Jenis Bahan	Modulus Kekuatan	
	Cpa	Psi
Granular	0,055 - 0,138	8000 - 20000
Lapis Pondasi stabilisasi semen	3,5 - 6,9	50000 - 1000000
Tanah stabilisasi semen	2,8 - 6,2	40000 - 900000
Lapis pondasi diperbaiki dengan aspal	2,4 - 6,9	350000 - 1000000
Lapis pondasi dengan aspal emulsi	0,28 - 2,1	40000 - 3000000

Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987



Sumber : Pedoman Perencanaan Perkerasan Kaku Bina Marga, 1985

Gambar 2.3. Hubungan antara kuat tarik lentur dan kuat tekan pada umur 28 hari

Perhitungan Modulus Reaksi Tanah Dasar (k) Untuk nilai segmen dapat digunakan rumus :

$$k_0 = k - 2 S \text{ (u/ jalan tol)}$$

$$k_0 = k - 1.64 S \text{ (u/ jalan arteri)}$$

$$k_0 = k - 1.28 S \text{ (u/ jalan kolektor/lokal)}$$

Faktor Keseragaman (FK), digunakan rumus :

$$FK = \frac{S}{k} \times 100\% < 25\%$$

dan nilai standar deviasi (S), digunakan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum k^2) - (\sum k)^2}{n(n-1)}}$$

Dimana:

k = modulus reaksi tanah dasar yang mewakili segmen

k = modulus reaksi tanah dasar rata-rata

n = jumlah data

S = standar deviasi

2. Mutu Beton

Mutu Beton yang digunakan dalam perkerasan kaku harus berusia 28 hari ($f'c$). Rumus yang digunakan dalam perhitungan kekuatan beton sebagai berikut:

$$F_{ct} = 0,556 \sqrt{f'c}$$

$$F_r = 0,152 \sqrt{F_{ct}} = 0,62 \sqrt{f'c}$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan karakteristik beton usia 28 hari (MPa)

f_{ct} = kuat tarik (MPa)

3. Lalu Lintas Rencana

Langkah – Langkah menghitung lalu lintas rencana sebagai berikut :

- a. Menghitung Volume lalu lintas (LHR) yang diperkirakan pada akhir usia rencana
- b. Untuk masing-masing jenis kelompok sumbu kendaraan, diestimasi angka LHR awal dari kelompok sumbu.
- c. Perhitungan Jumlah Sumbu Kendaraan Niaga (JSKN) selama umur rencana dengan rumus :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaraan niaga

JSKNH = Jumlah Sumbu Kendaraan niaga
Harian, pd saat tahun ke-0

R = faktor pertumbuhan lalu lintas yg besarnya
berdasarkan faktor
pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan usia
rencana (n)

- Untuk ($i \neq 0$)

$$N = 0.5 \left[1 + (1+i)^n + 2(1+i) \frac{(1+i)^{n-1} - 1}{i} \right]$$

Dimana :

N = Faktor pertumbuhan Lalu lintas dan umur
rencana

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas (%)

n = Umur rencana (tahun)

- Untuk ($i \neq 0$), jika setelah m tahun pertumbuhan lalu lintas tidak terjadi lagi, maka :

$$R = \frac{(1+i)^m - 1}{e_{\log(1+i)}} + (n - m)(1+i)^{m-1}$$

- Untuk ($i \neq 0$), jika setelah n tahun pertumbuhan lalu lintas berbeda dengan sebelumnya (i/tahun), maka :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{e_{\log(1+i)}} + \frac{(1+i)^m(1+i)^{n-m-1}}{e_{\log(1+i)}}$$

- d. Perhitungan prosentase masing – masing konfigurasi beban sumbu terhadap JSKNH.
- e. Perhitungan jumlah repetisi kumulatif tiap kombinasi konfigurasi atau beban sumbu pada lajur rencana.

Repetisi Kumulatif = JSKN x % kombinasi terhadap JSKNH x Cd\

Dimana :

Cd = Koefisien distribusi kendaraan niaga besar, Cd dapat dilihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2.25. Koefisien Distribusi Kendaraan Niaga

Jumlah lajur	Kendaraan Niaga	
	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00
2 lajur	0,70	0,50
3 lajur	0,50	0,475
4 lajur	-	0,45
5 lajur	-	0,425
6 lajur	-	0,4

Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

- f. Nilai Faktor Keamanan (FK) jalan dapat dilihat pada Tabel 2.26.

Tabel 2.26. Faktor Keamanan

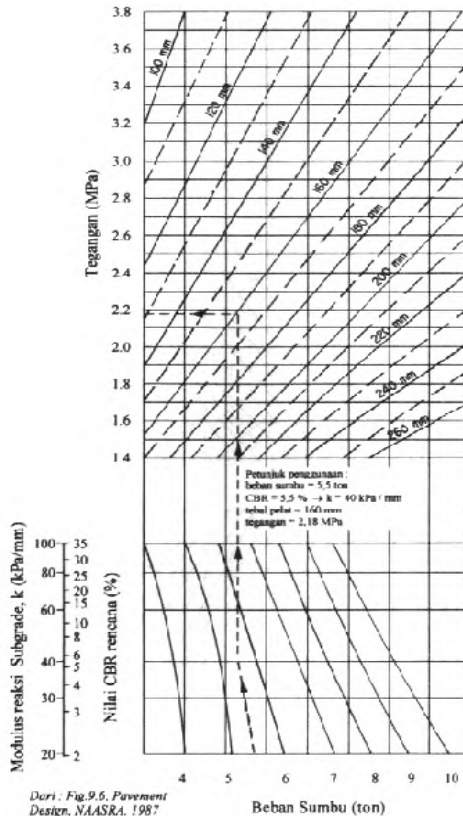
Peranan Jalan	Faktor Keamanan
Jalan Tol	1,2
Jalan Arteri	1,1
Jalan Kolekter / Lokal	1,0

Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

Perhitungan lalu lintas rencana untuk kendaraan niaga dengan berat total minimum 5 ton dengan cara konfigurasi sumbu sebagai berikut :

- Sumbu Tunggal Roda Tunggal (STRT)

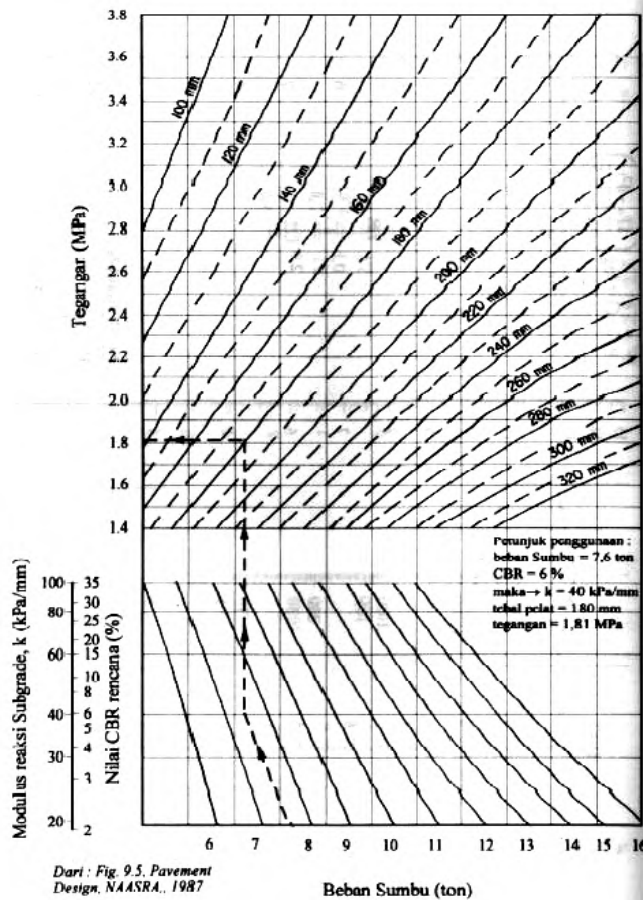
Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

Gambar 2.4. Nomogram STRT

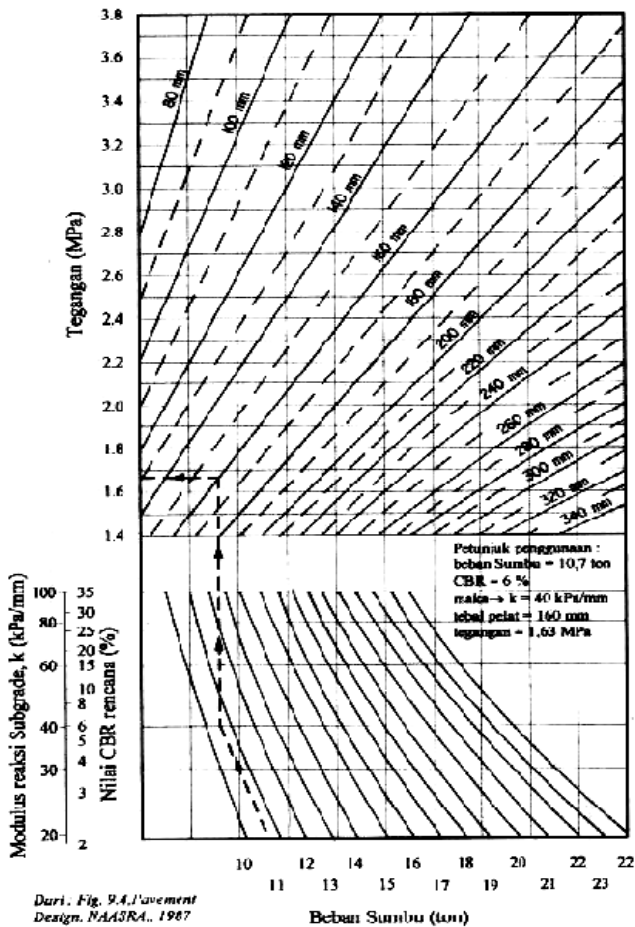
- Sumbu Tunggal Roda Ganda (STRG)
Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

Gambar 2.5. Nomogram STRG

- Sumbu Ganda Roda Ganda (SGRG)
Tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

Gambar 2.6. Nomogram SGRG

4. Kekuatan Pelat Beton

Perencanaan tebal pelat pada konstruksi perkerasan kaku didasarkan pada total fatigue (angka kelelahan)

mendekati atau sama dengan 100%. Langkah – Langkah yang dilakukan untuk perencanaan tebal pelat suatu kontruksi perkerasan kaku adalah :

- a. Pilih tebal pelat
- b. Untuk setiap kombinasi konfigurasi dan beban sumbu serta harga k tertentu, maka dilakukan :
 - Perhitungan tegangan lentur yang terjadi pada pelat beton dari Grafik STRT, STRG, SGRG.
 - Perbandingan tegangan dihitung dengan membagi tegangan lentur yang terjadi pada pelat dengan modulus keruntuhan lentur beton (f_r) atau dengan rumus:

$$\text{Perbandingan Tegangan} = \frac{\sigma}{f_r}$$

Dimana :

σ = Tegangan lentur yang terjadi

f_r = modulus keruntuhan lentur beton

- Penentuan jumlah repetisi beban yang diizinkan, dapat dilihat pada Tabel 2.27.

Tabel 2.27. Jumlah Repetisi Beban Ijin

Perbandingan Tegangan ^a	Jumlah Pengulangan Beban Ijin	Perbandingan Tegangan	Jumlah Pengulangan Beban Ijin
0.51 ^b	400,000	0.69	2,500
0.52	300,000	0.70	2,000
0.53	240,000	0.71	1,500
0.54	180,000	0.72	1,100
0.55	130,000	0.73	850
0.56	100,000	0.74	650
0.57	75,000	0.75	490
0.58	57,000	0.76	360
0.59	42,000	0.77	270
0.60	32,000	0.78	210
0.61	24,000	0.79	160
0.62	18,000	0.80	120
0.63	14,000	0.81	90
0.64	11,000	0.82	70
0.65	8,000	0.83	50
0.66	6,000	0.84	40
0.67	4,500	0.85	30
0.68	3,500		

Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

- Perhitungan persentase fatigue untuk tiap kombinasi, dihitung dengan rumus:

$$\% \text{fatigue} = \frac{\text{Jumlah Pengulangan beban rencana}}{\text{jumlah beban ijin}}$$

- Perhitungan total fatigue, dihitung dengan rumus :

Total fatigue = Σ %fatigue seluruh kombinasi beban sumbu

- Langkah a – d dihitung secara berulang hingga didapatkan tebal pelat terkecil dengan total fatigue lebih kecil atau sama dengan 100%

Untuk penulangan pada perkerasan kaku, hal – hal yang harus diperhitungkan adalah :

1. Penulangan Memanjang

Luas tulangan pada perkerasan kaku dihitung dengan persamaan :

$$A_s = \frac{11,76 (F \times L \times h)}{f_s}$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan yang diperlukan mm^2 / m lebar)

F = Koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan dibawahnya

L = Jarak antar sambungan (m)

h = Tebal pelat (mm)

f_s = Tegangan tarik baja ijin (Mpa) \pm 230 Mpa.

Catatan : $A_{smin} = 0,14\%$ dari luas penampang beton untuk segala keadaan (SNI 1991)

Harga faktor gesekan antar pelat beton dengan lapisan pondasi bawah dapat dilihat pada Tabel 2.28.

Tabel 2.28. Faktor Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi

Jenis Pondasi	Faktor Gesekan (F)
Burtu, Lapen atau konstruksi sejenisnya	2.2
Aspal beton, Lataston	1.8
Stabilisasi kapur	1.8
Stabilisasi aspal	1.8
Stabilisasi semen	1.8
Koral sungai	1.5
Batu pecah	1.5
Sirtu	1.2
Tanah	0.9

Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

2. Dowel

Dowel adalah peyambung apda beberapa jenis sambungan pelat beton yang berfungsi sebagai penyalur beban pada sambungan. Dowel dipasang separuh terikat dan separuh dilumasi agar dapat bergeser bebas. Dowel dapat berupa barang baja tulangan polos maupun profil. Ukuran dan jarak dowel yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.29.

Tabel 2.29. Ukuran dan Jarak Dowel

Tebal pelat perkerasan		Dowel					
		Diameter		Panjang		Jarak	
inch	mm	inch	mm	inch	mm	inch	mm
6	150	3/4	19	18	450	12	300
7	175	1	25	18	450	12	300
8	200	1	25	18	450	12	300
9	225	1 1/4	32	18	450	12	300
10	250	1 1/4	32	18	450	12	300
11	275	1 1/4	32	18	450	12	300
12	300	1 1/2	38	18	450	12	300
13	325	1 1/2	38	18	450	12	300
14	350	1 1/2	38	18	450	12	300

Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

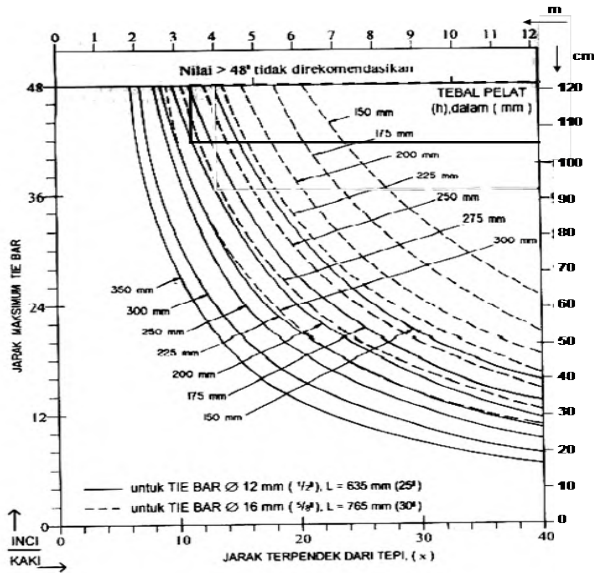
3. Tie bar

Tie bar adalah potongan baja yang diprofilkan dan dipasang untuk mengikat pelat agar tidak bergerak secara horizontal. Tie bar dipasang pada sambungan memanjang. Ukuran dan jarak tie bar yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.30. Ukuran Tie Bar

Tebal Pelat (cm)	Diameter Tie Bar (mm)	Panjang Tie Bar (mm)	Jarak Spacing antar Tie Bar (cm)
12,5	12	600	75
15,0	12	600	75
17,5	12	600	75
20,0	12	600	75
22,5	12	750	90
25,0	16	750	90

Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987



Sumber : Pavement Design, NAASRA, 1987

Gambar 2.7. Jarak Terpendek Tie Bar dari Tepi

2.11 Aspek Keuangan

Analisis keuangan proyek dilakukan untuk mengetahui apakah selama pelaksanaannya atau selama umur yang direncanakan layak dari segi keuangan. Hal ini perlu dilakukan agar sumber daya yang terserap dalam proyek, dapat memberi manfaat optimal.

Analisa keuangan selalu dianggap bagian yang paling penting dalam analisis kelayakan proyek dan merupakan bagian yang dirasakan sulit. Analisis keuangan diturunkan dari aspek-aspek proyek dan aspek keuangan yang telah dibuat.

Suatu proyek dapat disebut layak untuk dilaksanakan bila jumlah *benefit* (nilai manfaat) yang diperoleh dari suatu proyek lebih besar daripada jumlah *cost* (biaya). Dalam studi kelayakan, dimana belum operasional, semua perhitungan biaya dan manfaat,

serta angka-angka lain merupakan perhitungan perkiraan yang diproyeksikan selama umur proyek. Angka-angka proyeksi diperoleh melalui penurunan (derivasi) dari berbagai data, model dan asumsi yang dilihat dari berbagai aspek proyek. Evaluasi aspek ekonomi dan keuangan meliputi :

1. Estimasi jumlah dana yang dibutuhkan untuk pengadaan harga tetap proyek maupun untuk modal kerja awal.
2. Menganalisa struktur pembiayaan yang paling menguntungkan. Mengkaji berapa dana modal sendiri yang akan digunakan, berapa dana yang dapat atau wajar untuk dibiayai dengan pinjaman dari pihak ketiga, darimana sumbernya, dan berapa biayanya.
3. Mengkaji kesehatan proyek secara finansial, apakah dapat memberi keuntungan yang layak, dan mampu memenuhi kewajiban finansialnya.
4. Meneliti manfaat ekonomi dan sosial. Misalnya kemampuan bidang usaha tersebut untuk menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan penghasilan nasional, atau kemampuannya untuk menunjang pendapatan devisa.

Studi ini berpatokan pada “biaya dan nilai waktu dari uang”, untuk mencari ini terkait beberapa faktor yaitu:

1. Faktor nilai kesempatan (*Opportunity Cost*) artinya uang yang saat ini ada akan diinvestasikan untuk memperoleh laba dan mungkin terhindar dari biaya inflasi.
2. Faktor Inflasi (*inflation*), E. Paul DeGarmo (2001), peningkatan harga yang dibayarkan untuk barang dan jasa dan mengakibatkan penurunan daya beli unit moneter. Uang yang sama apabila dibelanjakan tidak akan mendapat barang yang sama dalam waktu yang berbeda, artinya nilai uang ini akan jauh berbeda, dibandingkan dengan setahun yang akan datang.
3. Faktor Resiko (*risk*), jika uang dibayarkan pada waktu yang akan datang, akan timbul resiko dimana uang tersebut tidak lagi bisa untuk membeli barang yang sama, karena kemungkinan kesalahan dalam memprediksi tingkat laju inflasi yang terjadi.

Aspek keuangan, untuk melakukan analisa keuangan invetasi dipakai beberapa metode penilaian yang umum dipakai, yaitu :

1. *Net Present Value* (NPV)

Kriteria yang paling sederhana dari kriteria yang lain, yaitu menghitung selisih antara nilai sekarang arus manfaat dengan nilai sekarang arus biaya selama umur proyek, dengan tingkat bunga tertentu.

$$\text{NPV} = \text{PV Benefit} - \text{PV Cost}$$

Keputusan dapat diambil apabila $\text{NPV} > 0$ maka proyek dapat diteruskan atau dilaksanakan (go), sedangkan apabila $\text{NPV} < 0$ maka proyek tidak dapat diteruskan atau dilaksanakan (no go).

Kelemahan kriteria NPV adalah :

- a) Tidak memisahkan biaya kapital dengan biaya lain, sehingga bisa memberikan gambaran pada proyek yang modalnya merupakan batasan (*constrain*).
- b) Kriteria ini sensitif dengan tingkat bunga diskonto (*discount rate*), semakin tinggi tingkat discount rate semakin rendah NPV dan sebaliknya.
- c) Kriteria ini akan memberi gambaran yang menyimpang kalau terdapat perbedaan yang besar dalam modal. Modal yang relatif besar cenderung menghasilkan NPV besar dan sebaliknya, padahal proyek dengan modal besar belum tentu lebih baik dari proyek dengan modal kecil.

Keunggulannya adalah kriteria ini dapat menunjukkan proyek menghasilkan surplus (Rp.) atau tidak. Proyek yang mempunyai NPV positif menunjukkan bahwa proyek ini cukup baik

2. *Benefit-Cost Ratio* (B/C Ratio)

B/C ratio ada dua yaitu :

- a. Gross B/C Ratio yaitu membandingkan *discounted gross benefit* (manfaat proyek sebelum dikurangi biaya proyek) dengan *discounted gross cost*. Proyek dapat dianggap go apabila $\text{gross B/C} > 1$, dan sebaliknya.

- b. Net B/C Ratio yaitu membandingkan *discounted net benefit* yang positif dengan *discounted net benefit* yang negatif. Proyek dapat dianggap go apabila $\text{net B/C} > 1$, dan sebaliknya.

Kelemahannya adalah sensitif terhadap pemilihan tingkat bunga, tidak memisahkan biaya kapital dan biaya-biaya proyek. Sedangkan keuntungannya adalah dapat digunakan untuk menghitung seberapa besar biaya atau manfaat proyek bisa naik/turun dengan tetap mempertahankan kelayakan proyek.

3. Suku Bunga

Tingkat suku bunga dapat didefinisikan sebagai “rasio” antara bunga yang dibayarkan pada akhir periode waktu, dengan uang yang dipinjam pada awal periode waktu yang bersangkutan. Dalam pembayaran kas laju penyusutan dikatakan juga sebagai suku bunga (*interest rate*) yang besar kecilnya tergantung dari keadaan perekonomian saat itu, kredibilitas peminjam, dan berapa lama masa pengembaliannya.

a. Bunga Biasa (*Simple Interest*)

Apabila suatu tingkat bunga biasa diberikan, maka bunga yang diperoleh adalah secara langsung sebanding dengan modal yang dikaitkan dengan pinjaman. Dinyatakan sebagai suatu rumus, bunga yang didapat I dihitung dengan :

$$I = P \cdot i \cdot n$$

Jika jumlah atau modal yang dipinjamkan P adalah suatu nilai yang tetap, maka bunga tahunan yang diperhitungkan adalah konstan. Oleh karena itu jumlah total si peminjam yang berkewajiban untuk membayar kepada yang meminjamkan adalah :

$$\begin{aligned} F &= P + I \\ &= P + P \cdot i \cdot n = P(1 + i \cdot n) \end{aligned}$$

b. Bunga Berbunga (*Compound Interest*)

Ada tujuh faktor-faktor bunga dasar untuk bunga berbunga. Perubahan-perubahan nilai waktu dan faktor-faktor gabungan disimpulkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.31. Faktor-faktor Bunga Dasar dan Perubahan-perubahan Nilai Waktu

Faktor	Untuk Menentukan	Ditentukan	Simbol
Jumlah bunga majemuk	Nilai mendatang, F	Nilai sekarang, P	$(F/P, i\%, n)$
Nilai sekarang	Nilai sekarang, P	Nilai mendatang, F	$(P/F, i\%, n)$
Dana diendapkan	Jumlah anuitas, A	Nilai mendatang, F	$(A/F, i\%, n)$
Rangkaian bunga majemuk	Nilai mendatang, F	Jumlah anuitas, A	$(F/A, i\%, n)$
Pengembalian modal	Jumlah anuitas, A	Nilai sekarang, P	$(A/P, i\%, n)$
Nilai sekarang	Nilai sekarang, P	Jumlah anuitas, A	$(P/A, i\%, n)$
Perubahan deret hitung naik/turun	Jumlah anuitas, A	Jumlah kenaikan/perurunan seragam, G	$(A/G, i\%, n)$

Sumber : jurnal TA Yustiarini, 2006/2009

4. Analisis Sensitifitas

Dalam melakukan analisa terhadap suatu investasi, disadari akan ada ketidakpastian taksiran arus kas yang dibuat. Arus kas masuk bersih dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti (1) unit yang dijual, (2) harga jual per unit, (3) biaya tetap, dan (4) biaya variabel per unit. Apabila salah satu faktor tersebut berubah maka arus kas yang diharapkan akan berubah pula. Analisis sensitivitas adalah sebuah langkah untuk menganalisa apa yang terjadi terhadap NPV proyek apabila satu faktor berubah.

Dalam perhitungan analisis sensitivitas, satu persatu nilai faktor yang merupakan bagian dari manfaat diturunkan sehingga menghasilkan NPV yang negatif; atau sebaliknya satu persatu komponen dinaikkan sehingga menghasilkan NPV positif. Dari selisih nilai komponen yang menghasilkan NPV yang positif dan negatif dapat dihitung seberapa jauh

simpangan yang dapat diterima dalam komponen tersebut sehingga proyek dapat dikatakan layak. Nilai yang masih dapat diterima tersebut dinamakan switching value(SV). Rumus SV adalah sebagai berikut:

$$SV = \frac{(V^+ - V^-) \times \frac{NPV^+}{NPV^+ - NPV^-}}{V^+} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

- V+ : nilai yang memberikan NPV positif
- V- : nilai yang memberikan NPV negatif
- NPV+ : nilai NPV positif
- NPV- : nilai NPV negatif

Analisis sensitivitas hanya dilakukan pada setiap komponen dalam neraca dengan asumsi komponen lainnya tetap. Hasil dari analisis ini akan berguna untuk pengambilan keputusan dalam mempertimbangkan resiko yang harus ditanggung jika memutuskan bahwa sebuah proyek harus dijalankan. Bagi pelaksanaan operasional hal ini sangat berguna untuk mengetahui kelemahan-kelemahan proyek/bisnis. Bagian-bagian sensitif tentunya merupakan titik-titik lemah proyek yang harus diperhatikan dalam proses perjalanannya.

Analisis sensitivitas ini memiliki kelemahan yaitu tidak dapat menjawab pertanyaan yang menyangkut perubahan tingkat keuntungan proyek jika perubahan terjadi pada beberapa komponen proyek pada saat yang bersamaan. Untuk menjawab hal ini maka analisis yang dilakukan adalah memperkirakan apa saja perubahan yang akan terjadi secara bersamaan dan berapa pengaruhnya terhadap keuntungan proyek. Dalam hal ini perencana bisa mensimulasikan berbagai skenario, biasanya ada 3 skenario, yaitu moderat, pesimis dan optimis.

5. Analisis BOK

Pada perhitungan analisis BOK ini digunakan metode ND Lea Consultant, pembagian kelas kendaraan dibedakan menjadi beberapa jenis seperti ditunjukkan pada Tabel 2.32. Sedangkan karakteristik masing-masing jenis kendaraan ditunjukkan pada Tabel 2.33.

Tabel 2.32. Pembagian Jenis Kendaraan

No	Kendaraan		Kelompok Yang mewakili
	Major Class	Minor Class	
1	Sepeda Motor	Sepeda motor	Auto
2	Vespa	Vespa	
3	Mobil Penumpang	Mobil Penumpang, opelets, sedan, suburban, landrover Jeep.	
4	Pick-Up, microbus, kendaraan pengirim	Pick-up, Microbus, Truck 2 axle 4 tyres	Truk
5	Truk 2 as	2 as, 6 ban	
6	Truk 3 as	3 as, 10 ban	
7	Truk trailer dan semitrailer	Truck-trailer, semitrailer	
8	Bus	Large bus 2 axle 6 tyres.	Bus

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Tabel 2.33. Karakteristik Kelompok Kendaraan

KARAKTERISTIK	AUTO	TRUK	BUS
Berat kendaraan (ton)	1.2	4	2.9
Berat kotor normal	1.7	7.5	5.5
Jml As	2	2-3	2
Jml silinder	2-4	6	6
Jml ban	4	7	6
Daya (HP)	80	170	165
Rata-rata jarak Km tahunan	20000	42000	90000
Umur rata-rata (thn)	10	7	9

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Dalam metode ini biaya operasi kendaraan dihitung berdasarkan pada biaya operasi kendaraan dasar yang merupakan biaya berjalan pada jalan kondis baik, datar dan lurus. Biaya operasi kendaraan dasar sendiri terbagi menjadi delapan komponen biaya, yang terdiri dari:

1. Bahan bakar
2. Ban
3. Upah Kru
4. Oli
5. Pemeliharaan
6. Penurunan nilai (depresiasi)
7. Bunga
8. Fixed price.

1. Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar secara umum dibedakan menjadi dua, yaitu; untuk auto diasumsikan menggunakan bahan bakar bensin dan solar sedangkan truk dan bus diasumsikan seluruhnya menggunakan bahan bakar solar. Besarnya konsumsi bahan bakar per jenis kendaraan ditunjukkan pada Tabel 2.34.

Tabel 2.34. Konsumsi Bahan bakar

No	Kelompok kendaraan	Konsumsi Bahan Bakar (liter)
1	Auto	0.0610
2	Truk	0.0834
3	Bus	0.0612

Sumber: ND Lea & Associates 1975

2. Ban

Perhitungan kebutuhan biaya ban diasumsikan berdasarkan pada nilai roughness jalan sebesar 2500mm/km. Besarnya nilai konsumsi ban ditunjukkan pada Tabel 2.35.

Tabel 2.35. Konsumsi ban

No	Kelompok kendaraan	Konsumsi Ban
1	Auto	0.0610
2	Truk	0.0834
3	Bus	0.0612

Sumber: ND Lea & Associates 1975

3. Upah Kru

Perhitungan upah kru menggunakan rumus:

$$TIM = \frac{VALT}{AVESPD} \times \frac{AESPD \times 1000}{AVESPD + PROINC(V - AVESPD)}$$

dimana:

- TIM : upah kru per 1000km
- VALT : upah kru perjam
- AVESPD : rata-rata kecepatan (km/j)
- V : kecepatan (km/j)
- PROINC : proporsi kendaraan yang melaju dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan rata-rata (0.2 untuk auto, 0.5 untuk bus dan truk)

4. Konsumsi Oli

Besarnya konsumsi oli per jenis kendaraan ditunjukkan pada Tabel 2.36.

Tabel 2.36. Konsumsi Oli

No	Kelompok kendaraan	Konsumsi Oli (lt/1000km)
1	Auto	1.3
2	Truk	4
3	Bus	4

Sumber: ND Lea & Associates 1975

5. Pemeliharaan kendaraan

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan adalah sebagai berikut lihat Tabel 2.37.

Tabel 2.37. Lama waktu yang dibutuhkan untuk pemeliharaan kendaraan per 1000km.

No	Kelompok kendaraan	Waktu (jam)
1	Auto	1.69
2	Truk	5.59
3	Bus	1.12

Sumber: ND Lea & Associates 1975

6. Depresiasi

Nilai depresiasi kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$D = \frac{VP}{TotKm} \times \frac{AveSpd \times 1000}{AveSpd + ProInc(V - AveSpd)}$$

dimana:

- D : Depresiasi per 1000km
- VP : harga kendaraan (Rp)
- AveSpd : rata-rata kec (km/j)
- V : kecepatan (km/j)
- ProInc : Proporsi kendaraan yang melaju dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan rata-rata (0.2 untuk auto dan 0.5 untuk bus dan truk)

7. Bunga Kendaraan

Bunga kendaraan dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$IC = \frac{VP}{2 \times AnKm} \times \frac{AveSpd \times 1000}{AveSpd + ProInc(V - AveSpd)} \times \frac{Int}{100}$$

dimana:

IC	: nilai bunga per 1000km
AnKm	: rata-rata perjalanan kilometer tahunan (km)
Int	: suku bunga tahunan (%)
AveSpd	: rata-rata kecepatan (km/j)
V	: kecepatan (km/j)
ProInc	: Proporsi kendaraan yang melaju dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan rata-rata (0.2 untuk auto dan 0.5 untuk bus dan truk)

8. Fixed Cost

Besarnya fixed cost ditentukan dengan menggunakan rumus seperti di bawah:

$$FIX = \frac{Ins + Man}{AnKm} \times \frac{AveSpd \times 1000}{AveSpd + ProInc(AveSpd - V)} \times \frac{Int}{100}$$

dimana:

FIX	: fixed cost per 1000km
Ins	: asuransi tahunan (Rp)
Man	: ongkos manajemen tahunan (Rp)
AveSpd	: rata-rata kecepatan (km/j)
AnKm	: rata-rata perjalanan kilometer tahunan (km)
ProInc	: Proporsi kendaraan yang melaju dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan rata-rata (0.2 untuk auto dan 0.5 untuk bus dan truk)

Sehingga besarnya Biaya operasi kendaraan dasar adalah sebagai berikut (Tabel 2.38)

Tabel 2.38. Biaya operasi dasar. (kondisi: Flat-Tangent-Paved Road and Good Condition)

Komponen Biaya	PC Biaya Th 1975	Truk Biaya Th 1975
Fuel	3.944	5.481
Oil	350	1.080
Tyre	738	2.193
Maint.	3.714	8.331
Deprec.	4.995	8.324
Interest	3.746	4.371
Fixed Cost	9.654	10.542
Ops Time	1.411	5.000
Total (Rp/1000km)	Rp 28.552	Rp. 45.322

Sumber: N.D. Lea (1975)

❖ **BIAYA OPERASI KENDARAAN UNTUK SEPEDA MOTOR.**

Dalam metode ND Lea ini, biaya operasi kendaraan untuk sepeda motor tidak dibahas khusus. Biaya operasi kendaraan untuk sepeda motor dijadikan sebagai biaya tambahan terhadap auto, dengan mengikuti asumsi sebagai berikut:

- Jumlah sepeda motor berkisar antara 50-180 kendaraan untuk setiap 100 Auto.
- Biaya operasi satu unit sepeda motor berkisar 18% dari biaya Auto. Sehingga jika terdapat 80 unit sepeda motor dalam setiap 100 auto, maka akibat adanya sepeda motor, biaya operasi kendaraan Auto akan dikalikan dengan: $1 + (0.18 \times 80) / 100 = 1.14$.
- Dengan kata lain biaya operasi kendaraan Auto akan bertambah 14%.

❖ **PENGARUH TYPE LAPISAN PERUKAAN DAN KONDISI JALAN TERHADAP BIAYA OPERASI KENDARAAN.**

Karakteristik berbagai type lapisan permukaan jalan dibagi menjadi lima jenis permukaan, yaitu: (ND Lea, 1975)

1. High standard paved; perkerasan kualitas tinggi
2. Intermediate standard paved: perkerasan kualitas menengah
3. Low standard paved; perkerasan kualitas rendah
4. Unpaved; Gravel ; kerikil, agregat, makadam
5. Unpaved: Earth; jalan tanah.

Untuk setiap permukaan jalan tersebut di atas masih dibagi lagi ke dalam jenis kondisi lapangan yang terjadi, yaitu; baik (good), sedang (fair), jelek (poor) dan parah (bad).

Untuk menentukan besarnya biaya operasi kendaraan pada jalan yang tidak dalam kondisi standar, maka beberapa angka indeks telah disusun untuk mengantisipasinya. Angka-angka indeks tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.39, Tabel 2.40, Tabel 2.41, Tabel 2.42, Tabel 2.43 dan Tabel 2.44.

Tabel 2.39. Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan auto, urban road, %

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	76	100	100	100	122	112
- Fair	76	100	300	230	122	134
- Poor	76	192	575	404	122	165
- Bad	73	192	575	404	137	175
Paved Int						
- Good	74	100	128	119	124	116
- Fair	74	100	556	392	124	163
- Poor	74	192	575	404	124	166
- Bad	74	192	575	404	138	176
Paved Low						
- Good	73	100	167	144	126	122
- Fair	73	100	575	404	126	166
- Poor	73	192	575	404	126	167
- Bad	76	192	575	404	139	177

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Tabel 2.40. Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan truk, urban road, %

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interaset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	94	100	100	100	146	128
- Fair	94	100	121	156	146	139
- Poor	94	200	151	234	146	157
- Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Int						
- Good	94	100	103	108	148	131
- Fair	94	100	149	229	148	155
- Poor	94	200	151	234	148	159
- Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Low						
- Good	94	100	107	119	150	134
- Fair	94	100	151	234	150	152
- Poor	94	200	151	234	150	160
- Bad	103	200	151	234	193	188

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Tabel 2.41. Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan bus, urban road, %

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interaset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	90	100	100	100	147	130
- Fair	90	100	121	273	147	149
- Poor	90	200	151	511	147	178
- Bad	95	200	151	511	193	210
Paved Int						
- Good	89	100	103	125	149	134
- Fair	89	100	149	494	149	174
- Poor	89	200	151	511	149	179
- Bad	95	200	151	511	193	210
Paved Low						
- Good	89	100	107	158	151	139
- Fair	89	100	151	511	151	178
- Poor	89	200	151	511	151	181
- Bad	95	200	151	511	196	212

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Tabel 2.42. Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan auto, interurban road, %

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	90	100	100	100	105	102
- Fair	84	100	300	230	110	127
- Poor	76	192	575	404	122	165
- Bad	73	192	575	404	137	175
Paved Int						
- Good	77	100	128	119	117	112
- Fair	77	100	556	392	117	158
- Poor	74	192	575	404	124	166
- Bad	74	192	575	404	138	176
Paved Low						
- Good	79	100	167	144	117	116
- Fair	79	100	575	404	117	161
- Poor	86	192	575	404	126	167
- Bad	91	192	575	404	139	177
Gravel						
- Good	91	192	311	163	117	125
- Fair	91	192	575	404	118	164
- Poor	86	192	575	404	128	170
- Bad	91	192	575	404	141	180
Earth						
- Good	87	192	433	311	127	154
- Fair	87	192	433	404	127	170
- Poor	85	192	433	404	130	172
- Bad	93	192	433	404	141	180

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Tabel 2.43. Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan truk, interurban road, %

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	100	100	100	100	100	100
- Fair	94	100	121	156	119	122
- Poor	94	200	151	234	146	157
- Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Int						
- Good	97	100	103	108	100	106
- Fair	95	100	149	229	121	139
- Poor	94	200	151	234	148	159
- Bad	102	200	151	234	189	185
Paved Low						
- Good	95	100	107	119	108	108
- Fair	97	100	149	234	123	141
- Poor	94	200	151	234	150	160
- Bad	103	200	151	234	193	188
Gravel						
- Good	115	200	110	127	108	114
- Fair	124	200	151	234	126	149
- Poor	122	200	151	234	152	165
- Bad	132	200	151	234	193	191
Earth						
- Good	125	200	136	193	135	145
- Fair	125	200	151	234	135	154
- Poor	122	200	151	234	161	170
- Bad	136	200	151	234	200	196

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Tabel 2.44. Angka indeks jenis permukaan untuk kendaraan bus, interurban road, %

Type permukaan dan kondisi	Bahan Bakar	Oli	Ban	Pemeliharaan	Depresiasi Interset Fixed Upah Kru	Total
Paved High						
- Good	100	100	100	100	100	100
- Fair	92	100	121	273	119	131
- Poor	90	200	151	511	147	178
- Bad	95	200	151	511	193	210
Paved Int						
- Good	95	100	103	125	112	110
- Fair	93	100	149	494	122	157
- Poor	89	200	151	511	149	179
- Bad	95	200	151	511	193	210
Paved Low						
- Good	94	100	107	158	112	113
- Fair	95	100	151	511	123	160
- Poor	89	200	151	511	151	181
- Bad	97	200	151	511	196	212
Gravel						
- Good	119	200	110	183	112	123
- Fair	125	200	151	511	124	160
- Poor	119	200	151	511	153	187
- Bad	128	200	151	511	196	217
Earth						
- Good	123	200	136	387	140	165
- Fair	123	200	151	511	140	179
- Poor	119	200	151	511	158	190
- Bad	130	200	151	511	200	220

Sumber: ND Lea & Associates 1975

❖ Kondisi lainnya yang mempengaruhi nilai BOK

Selain jenis dan kondisi permukaan jalan, terdapat beberapa hal lain yang turut mempengaruhi besarnya Biaya Operasi Kendaraan, yaitu:

- Gradient
- Sharp curves
- Narrow bridges
- Bridges that have restricted axle load

- Roadway capacity.

Besarnya pengaruh-pengaruh tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.45.

Tabel 2.45. Besarnya nilai pengaruh faktor lain terhadap nilai BOK pada kondisi jalan flat tangent and good condition. (% thd nilai dasar)

Jenis Kendaraan	Auto	Truck	Bus
Gradient			
- 0-3%	1	6	3
- 3-5%	2	10	10
- 5-7%	4	17	17
- >7%	6	25	23
Sharp curves (no. of curve Per km)	5	8	10
Narrow Bridges	5	8	10
Bridges that have restricted axle load			
- <4ton	0	39	12
- 4-6ton	0	12	0
- 6-7ton	0	7	0
V/C			
- V/C=0	0	0	0
- V/C=1	17	8	12

Sumber: ND Lea & Associates 1975

Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Berdasarkan kondisi perkerasan (Oglesby, 1990)

1. Permukaan kerikil/batu, BOK kendaraan penumpang dan truk tunggal harus dikalikan $1.05 + 0.92 \cdot \text{mph}/100$ sedangkan untuk truk gandeng (3-S2) harus dikalikan $1.15 + 0.83 \cdot \text{mph}/100$
2. Permukaan kerikil/batu, BOK kendaraan penumpang dan truk tunggal harus dikalikan $1.1 + 1.84 \cdot \text{mph}/100$ sedangkan untuk truk gandeng (3-S2) harus dikalikan $1.3 + 1.66 \cdot \text{mph}/100$

3. Perkerasan jenis rendah menggunakan pengali lebih besar dari 1 dan lebih kecil daripada angka pada no 1.

6. Nilai Waktu

Nilai waktu perjalanan berdasarkan formula Jasa Marga dengan mempertimbangkan studi dari nilai waktu yang pernah dilakukan di beberapa kota di Indonesia. Berikut adalah nilai waktu dasar dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan.

Tabel 2.46. Nilai Waktu dari Berbagai Studi

Referensi	Nilai Waktu (Rp/Jam/Kend)		
	Gol I	Gol IIa	Gol IIb
PT. Jasa Marga (1990-1996), Formula Herbert Mohring	12.287	18.534	13.768
Padalarang-Cileunyi (1996)	3.385 - 5.425	3.827 - 38.344	5.716
Semarang (1996)	3.411 - 6.221	14.541	1.506
IHCM (1995)	3.281,25	18.212	4.971,2 0
PCI (1979)	1.341	3.827	3.152
JIUTR northern extension (PCI 1989)	7.067	14.67	33.659
Surabaya-Mojokerto (JICA 1991)	8.88	7.96	7.98

Sumber : Tamin, 2008

Besar Nilai Waktu Minimum dapat dilihat pada Tabel 2.47.

Tabel 2.47. Nilai Waktu Minimum (Rp/Jam)

No.	Kab/Kota	Jasa Marga			JIUTR		
		Gol I	Gol IIa	Gol IIb	Gol I	Gol IIa	Gol IIb
1	DKI	8200	12369	9188	8200	17022	4246
2	Selain DKI	6000	9051	6723	6000	12455	3170

Sumber : Tamin, 2008

Dengan Formula yang digunakan adalah sebagai berikut :

Nilai Waktu = Max { (K x Nilai Waktu Dasar) ; Nilai Waktu Minimum }

Sedangkan nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.48 berikut :

Tabel 2.48. Nilai K untuk Beberapa Kota

No	Kabupaten/Kota	Nilai K
1	Jakarta	1
2	Cainjur	0.15
3	Bandung	0.39
4	Cirebon	0.06
5	Semarang	0.52
6	Surabaya	0.74
7	Gresik	0.25
8	Mojokerto	0.02
9	Medan	0.46

Sumber : Tamin, 2008

Selanjutnya perhitungan kecepatan arus bebas untuk menentukan waktu yang diperlukan pada masing – masing jenis kendaraan dapat digunakan rumus sebagai berikut :

- Kecepatan arus bebas kendaraan ringan

$$FV = (FVo + FVw) \times FFV_{SF} \times FFV_{CS}$$

Dimana :

FV = Kecepatan arus bebas kendaraan ringan (km/jam)

FVo = Kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan (km/jam)

FVw = Penyesuaian lebar jalur lalu lintas efektif (km/jam)

FFV_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan sampling

FFV_{CS} = Faktor penyesuaian ukuran kota

- Kecepatan arus bebas tipe kendaraan lain

$$FFV = FVo - FV$$

Dimana :

FFV = Penyesuaian kecepatan arus bebas dasar LV (km/jam)

FVo = Kecepatan arus bebas dasar LV (km/jam)

FV = Kecepatan arus bebas LV (km/jam)

$$FV_{HV} = FV_{HV,O} - FFV \times (FV_{HV,O} / FVo)$$

Dimana :

FV_{HV,O} = Penyesuaian kecepatan arus bebas dasar LV (km/jam)

FVo = Kecepatan arus bebas dasar LV (km/jam)

FFV = Penyesuaian kecepatan arus bebas dasar LV (km/jam)

Untuk mengetahui ketentuan dari masing – masing variabel perhitungan diatas dapat digunakan tabel sebagai berikut :

Tabel 2.49. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas Hambatan Samping dengan Kereb (FFV_{SF})

Tipe jalan	Kelas hambatan samping (SFC)	Faktor penyesuaian untuk hambatan samping dan Jarak kereb-penghalang Jarak: kereb - penghalang W_K (m)			
		$\leq 0,5$ m	1,0 m	1,5 m	≥ 2 m
Empat-lajur terbagi 4/2 D	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,97	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,93	0,95	0,97	0,99
	Tinggi	0,87	0,90	0,93	0,96
	Sangat tinggi	0,81	0,85	0,88	0,92
Empat-lajur tak-terbagi 4/2 UD	Sangat rendah	1,00	1,01	1,01	1,02
	Rendah	0,96	0,98	0,99	1,00
	Sedang	0,91	0,93	0,96	0,98
	Tinggi	0,84	0,87	0,90	0,94
	Sangat tinggi	0,77	0,81	0,85	0,90
Dua-lajur tak-terbagi 2/2 UD atau Jalan satu-arah	Sangat rendah	0,98	0,99	0,99	1,00
	Rendah	0,93	0,95	0,96	0,98
	Sedang	0,87	0,89	0,92	0,95
	Tinggi	0,78	0,81	0,84	0,88
	Sangat tinggi	0,68	0,72	0,77	0,82

Sumber : MKJI 1997

Tabel 2.50. Kecepatan Arus Bebas Dasar (FVo)

Tipe jalan	Kecepatan arus			
	Kendaraan ringan LV	Kendaraan berat HV	Sepeda motor MC	Semua kendaraan (rata-rata)
Enam-lajur terbagi (6/2 D) atau Tiga-lajur satu-arah (3/1)	61	52	48	57
Empat-lajur terbagi (4/2 D) atau Dua-lajur satu-arah (2/1)	57	50	47	55
Empat-lejur tak-terbagi (4/2 UD)	53	46	43	51
Dua-lajur tak-terbagi (2/2 UD)	44	40	40	42

Sumber : MKJI 1997

Tabel 2.51. Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas (FV_w)

Tipe jalan	Lebar jalur lalu-lintas efektif (W _c) (m)	FV _w (km/jam)
Empat-lajur terbagi atau Jalan satu-arah	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
Empat-lajur tak-terbagi	Per lajur	
	3,00	-4
	3,25	-2
	3,50	0
	3,75	2
	4,00	4
Dua-lajur tak-terbagi	Total	
	5	-9,5
	6	-3
	7	0
	8	3
	9	4
	10	6
	11	7

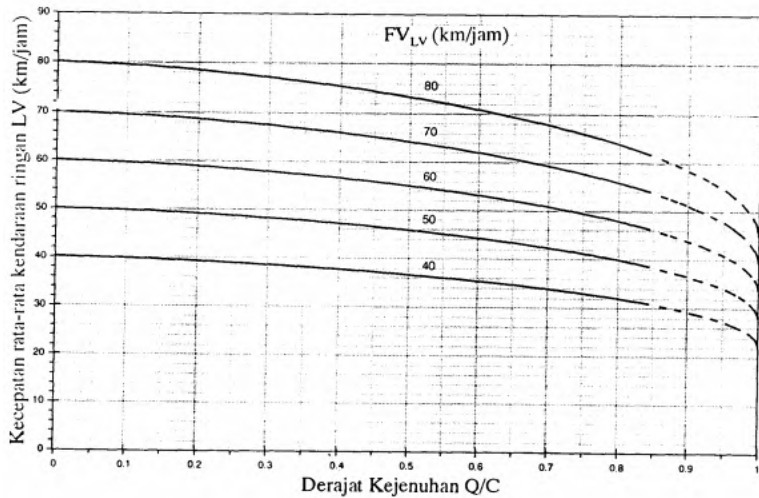
Sumber : MKJI 1997

Tabel 2.52. Faktor Penyesuaian Kecepatan Arus Bebas untuk Ukuran Kota (FFV_{CS})

Ukuran kota (Juta penduduk)	Faktor penyesuaian untuk ukuran kota
< 0,1	0,90
0,1-0,5	0,93
0,5-1,0	0,95
1,0-3,0	1,00
> 3,0	1,03

Sumber: MKJI 1997

Kemudian hasil dari kecepatan arus bebas tersebut diplotkan pada grafik Gambar 2.8. Untuk menentukan kecepatan aktual yang dihubungkan dari derajat kejenuhan.

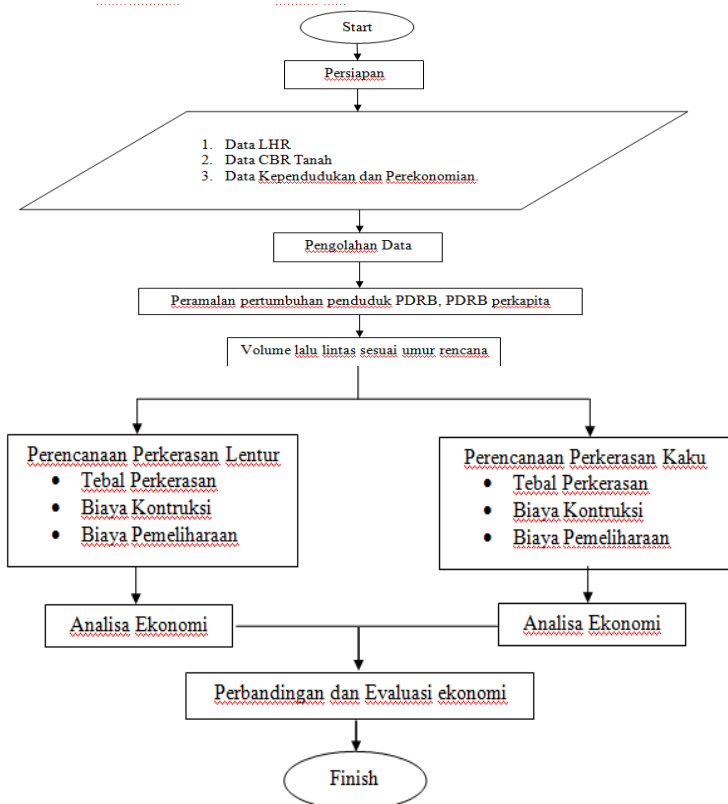


Gambar 2.8. Grafik Kecepatan sebagai fungsi dari DS jalan satu arah

BAB III METODOLOGI

3.1. Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir

Guna memudahkan perhitungan maupun mengevaluasi dari hasil perhitungan dalam tugas akhir ini supaya lebih terarah, maka perlu adanya tahapan pelaksanaan seperti pada Gambar 3.1 Flowchart berikut ini :



Gambar 3.1. Flowchart Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. PERSIAPAN

Persiapan dilakukan guna mengawali dari proses penyusunan yang membutuhkan bahan-bahan antara lain :

- Mencari informasi ke pengelola jalan dan mengumpulkan data-data yang akan diperuntukkan sebagai bahan perhitungan maupun perencanaan kebutuhan volume dan biaya rencana pelaksanaan pekerjaan Frontage A.Yani sisi barat Surabaya guna menyusun Tugas Akhir.
- Survey ke lokasi yang direncanakan guna Tugas Akhir
- Mengumpulkan dan mempelajari buku-buku literatur.

3.3. PENGUMPULAN DATA

Data-data yang perlu dipersiapkan guna menyusun Tugas Akhir ini antara lain :

- Data LHR
- Data CBR Tanah
- Data Kependudukan dan Perekonomian

3.4. PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data dilakukan terhadap data-data yang masih belum bisa diterapkan dalam perumusan suatu perhitungan dalam menyusun Tugas Akhir ini.

3.5. PERAMALAN JUMLAH PENDUDUK PDRB dan PDRB PERKAPITA

Metode yang digunakan dalam peramalan ini adalah metode regresi linier dengan selisih kuadrat terkecil, Regresi linier adalah cara yang digunakan untuk mendapatkan persamaan garis linier sebagai dasar perhitungan peramalan selama usia rencana.

3.6. LALU LINTAS SESUAI UMUR RENCANA

Metode yang digunakan adalah trip assignment dengan cara prosentase kendaraan yang melewati jalan frontage sebesar 32 % dari jumlah keseluruhan kendaraan. Volume masing-masing

jenis kendaraan yang melewati jalan frontage dapat dihitung dengan mengalikan prosentase kendaraan tersebut.

Dengan factor pertumbuhan kendaraan telah diketahui, maka dapat diramalkan pertumbuhan volume kendaraan yang akan melewati jalan frontage selama usia rencana. Jumlah total kendaraan kemudian dikalikan dengan factor pertumbuhan kendaraan, kemudian ditambah dengan volume kendaraan tahun sebelumnya.

3.7. PERENCANAAN PERKERASAN

a) Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Dalam Perencanaan perkerasan jalan untuk jalan Frontage ini digunakan perencanaan kontruksi bertahap perkerasan lentur dengan menggunakan Metode Analisa Komponen (Cara Bina Marga). Adapun beberapa ketentuan dalam perencanaan tebal perkerasan lentur disini adalah sebagai berikut:

- Peranan jalan /Fungsi Jalan
- Tipe Jalan
- Umur Rencana
- Waktu pengoperasian Jalan
- Perhitungan Angka Ekivalen (E)
- Perhitungan Lintas Ekivalen Permulaan (LEP)
- Perhitungan Lintas Ekivalen Akhir (LEA)
- Perhitungan Lintas Ekivalen Tengah (LET)
- Perhitungan Lintas Ekivalen Rencana (LER)
- Penentuan Faktor Regional (FR)
- Perhitungan Indeks Permukaan pada awal umur rencana (IPO)
- Perencanaan Indeks Permukaan Akhir (IPt)
- Penentuan Indeks Perkerasan (ITP)

b) Biaya Kontruksi

Biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan pekerjaan kontruksi berupa material yang digunakan pada perencanaan kontruksi perkerasan jalan lentur tersebut.

c) Biaya Pemeliharaan

- Biaya pemeliharaan berkala
- Biaya pemeliharaan rutin

d) Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku

Dalam Perencanaan perkerasan jalan untuk jalan Frontage ini digunakan perencanaan kontruksi perkerasan kaku yang didasarkan atas perencanaan yang dikembangkan oleh NAASRA (*National Association of Australian State Road Authorities*). Adapun beberapa ketentuan dalam perencanaan tebal perkerasan kaku disini adalah sebagai berikut:

- Peranan jalan /Fungsi Jalan
- Tipe Jalan
- Umur Rencana
- Waktu pengoperasian Jalan
- Mutu Beton Rencana
- Kekuatan Tanah Dasar
- Beban Lalu Lintas Rencana
- Kekuatan Pelat Beton

e) Biaya Kontruksi

Biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan pekerjaan kontruksi berupa material dan peralatan kontruksi yang digunakan pada perencanaan kontruksi perkerasan jalan kaku tersebut.

f) Biaya Pemeliharaan

Pada perencanaan perkerasan kaku biaya pemeliharaan yang digunakan biaya pemeliharaan rutin yang dilakukan setiap tahun dengan asumsi jalan mengalami kerusakan 1 % setiap tahunnya.

3.8. ANALISIS EKONOMI

Pada analisis ekonomi yang akan dibahas adalah jumlah *benefit* (nilai manfaat) yang diperoleh dari suatu proyek lebih besar daripada jumlah *cost* (biaya). Dalam studi kelayakan, dimana belum operasional, semua perhitungan biaya dan manfaat, serta angka-angka lain merupakan perhitungan perkiraan yang diproyeksikan selama umur proyek. Angka-angka proyeksi diperoleh melalui penurunan (*derivasi*) dari berbagai data, model dan asumsi yang dilihat dari berbagai aspek proyek.

3.9. PERBANDINGAN DAN EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi berfungsi untuk mengetahui kelayakan proyek secara umum. Evaluasi ekonomi yang dilakukan yaitu membandingkan benefit dan cost masing-masing alternatif perkerasan menggunakan metode Benefit Cost Ratio (BCR) dan User Cost. Dari hasil perhitungan keseluruhan yang akan dibandingkan meliputi :

- a) Tebal Kontruksi masing-masing Perkerasan
- b) Analisis dan evaluasi ekonomi

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 UMUM

Dalam proses perhitungan perlu adanya data-data lapangan yang diambil dari lokasi jalan Achmad Yani Frontage sisi barat . Adapun data yang didapat guna bahan pengelolaan penyusunan Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

- Data topografi
- Data lalu lintas
- Data kondisi tanah dasar

4.2 PENGUMPULAN DATA

4.2.1 Data Topografi

Data topografi digunakan sebagai kontrol geometris yang meliputi jarak pandang, pelebaran pada tikungan dan perencanaan sistem drainase (saluran tepi). Adapun dari hasil pengamatan langsung di lapangan bahwa ruas jalan Frontage sisi barat termasuk relatif lurus dengan klasifikasi medan datar dan data jalan tersebut adalah sebagai berikut :

Panjang	: \pm 4300 meter
Total Lebar	: 18.00 meter
Saluran Tepi	: Belum sempurna
Status Fungsi jalan	: Jalan Pendukung
Status Fungsi Administrasi	: Kota
Tipe Jalan	: 4 lajur 1 arah tak terbagi

4.2.2 Data Lalu Lintas

Data pertumbuhan lalu lintas kendaraan diperlukan untuk menganalisa kapasitas jalan dan menghitung tebal perkerasan dengan memperkirakan pertumbuhan lalu lintas harian rata – rata per tahun.

Tabel 4.1. Data Lalu Lintas Harian Rata - Rata (LHR) Tahun 2014

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah (Kend/hari/2arah)
1	Sedan/Jip/Station/Wagon	100519
2	Micro Bus	22905
3	Bus Kecil	2311
4	Bus Besar	2267
5	Truck Ringan	3864
6	Truck Sedang	4546
7	Truck Berat	1649
8	Truck Trailer	903
9	MC (Motor Cycle)	582010
10	UM (Unmotorized)	792
	Jumlah	721766

Sumber : Dinas perhubungan kota Surabaya

Pada Kegiatan Survey Kinerja Lalu Lintas di Kota Surabaya Tahun 2014 ini dilakukan survey pencacahan volume lalu lintas pada ruas – ruas jalan utama yang berada pada kordon dalam Kota Surabaya. Hasil survey pencacahan lalu lintas tahun 2014 ini didapat volume selama 16 jam mulai pukul 05.00 – 21.00 WIB dengan interval waktu 10 menit dimana total volume masing – masing jalan selama 16 jam adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2. Jl. Achmad Yani (menuju ke arah Utara)

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan tiap jenis (Kend)	Komposisi penggunaan ruang jalan	
			(smp)	%
1.	Sepeda motor	148.382	37.096	43.44 %
2.	Mobil Pribadi	27.129	27.129	47.50 %
3.	Angkot	915	915	1.64 %
4.	Bus mini	2.191	2.191	2.33 %
5.	Pick Up/ Box	186	186	0.35 %
6.	Mini truck	1.498	1.498	3.54 %

Lanjutan **Tabel 4.2**

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan tiap jenis (Kend)	Komposisi penggunaan ruang jalan	
			(smp)	%
7.	Bus besar	467	560	0.51 %
8.	Truck 2 sumbu	220	264	0.50 %
9.	Truck 3 sumbu	100	120	0.11 %
10.	Truck gandeng	7	8	0.02 %
11.	Trailer	2	2	0.00 %
12.	Kendaraan tak bermotor	-	-	0.00 %

Sumber : Dinas perhubungan kota Surabaya

Tabel 4.3. Jl. Achmad Yani (menuju ke arah selatan)

No.	Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan tiap jenis (Kend)	Komposisi penggunaan ruang jalan	
			(smp)	%
1.	Sepeda motor	162.609	40.652	43.44 %
2.	Mobil Pribadi	44.457	44.457	47.50 %
3.	Angkot	1.538	1.538	1.64 %
4.	Bus mini	2.183	2.183	2.33 %
5.	Pick Up/ Box	326	326	0.35 %
6.	Mini truck	3.315	3.315	3.54 %
7.	Bus besar	394	473	0.51 %
8.	Truck 2 sumbu	389	467	0.50 %
9.	Truck 3 sumbu	87	104	0.11 %
10.	Truck gandeng	14	17	0.02 %
11.	Trailer	18	22	0.02 %
12.	Kendaraan tak bermotor	32	32	0.03 %

Sumber : Dinas perhubungan kota Surabaya

4.2.3 Data California Bearing Ratio (CBR)

Dalam menghitung tebal perkerasan dibutuhkan data CBR. Data yang kami dapat dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Kota Surabaya adalah CBR tanah dasar dari STA. 0+000 – STA. 3+000, sehingga untuk menentukan CBR di atas perkerasan kami menggunakan $CBR = 1,0 \%$.

Tabel 4.4. Data CBR hasil DCP Test

No.	STA	NILAI CBR (%)
1	0 + 300	2.50
2	0 + 600	6.00
3	0 + 900	3.00
4	1 + 200	2.80
5	1 + 500	1.80
6	1 + 800	2.92
7	2 + 100	3.01
8	2 + 400	3.37
9	2 + 700	3.92
10	3 + 000	3.87

Sumber : PT Putra Negara, Kontraktor

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Data Lalu Lintas

Data Lalu lintas ini diperlukan untuk memperkirakan adanya perkembangan lalu lintas harian rata – rata pertahun sampai umur rencana. Selain itu digunakan juga untuk merencanakan tebal lapis perkerasan pada jalan frontage. Adapun data pertumbuhan lalu lintas pada ruas jalan A.Yani sebagai berikut :

Tabel 4.5. Data Volume Kendaraan Jl. Ahmad Yani Surabaya

Jenis Kendaraan	Tahun				
	2010	2011	2012	2013	2014
Sepeda Motor	201683	249779	280758	321391	386286
Mobil Penumpang	45857	46327	60808	62700	71586
Bus Besar	793	887	999	1013	1117
Truck 2 (As)	540	691	709	813	892
Truck 3 (As)	45785	491	609	683	712
Trailer	6	15	17	21	26
Truck Gandeng	10	12	16	19	20

Sumber : Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2014

Tabel 4.6. Data Volume Kendaraan Ruas Frontage Sisi Barat Jl.A.Yani – Surabaya

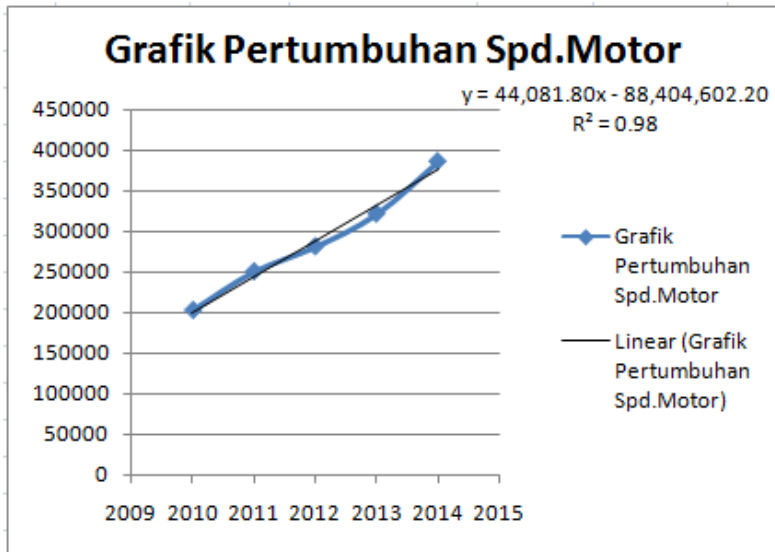
No.	WAKTU					Kendaraan / 15 Menit				Kendaraan 1 Jam				Total smp/jam
						LV	HV	MC	UM	LV	HV	MC	UM	
JAM PUNCAK PAGI (06.00 – 08.00)														
1.	06	00	-	06	15	431	31	3205	0					
2.	06	15	-	06	30	535	15	4131	0					
3.	06	30	-	06	45	467	9	5134	0					
4.	06	45	-	07	00	550	13	3346	1	1983	68	15816	1	8398
5.	07	00	-	07	15	443	11	3329	0	1995	48	15940	1	8433
6.	07	15	-	07	30	614	8	4680	0	2074	41	16489	1	8723
7.	07	30	-	07	45	947	25	2753	0	2554	57	14108	1	8271
8.	07	45	-	08	00	672	13	2386	0	2676	57	13148	0	8009

**Jam
Puncak**

Sumber : Dinas Perhubungan Kota Surabaya, 2014

Tabel 4.7. Pertumbuhan kendaraan Sepeda Motor

Sepeda Motor					
Tahun	y	R	Pers. Regresi	i (%)	i rata-rata
2010	201683	0.98	199816	-	
2011	249779		243898	22.06	6.97
2012	280758		287979	18.07	
2013	321391		332061	15.31	
2014	386286		376143	13.28	
2015			420225	11.72	
2016			464307	10.49	
2017			508388	9.49	
2018			552470	8.67	
2019			596552	7.98	
2020			640634	7.39	
2021			684716	6.88	
2022			728797	6.44	
2023			772879	6.05	
2024			816961	5.70	
2025			861043	5.40	
2026			905125	5.12	
2027			949206	4.87	
2028			993288	4.64	
2029			1037370	4.44	
2030			1081452	4.25	
2031			1125534	4.08	
2032			1169615	3.92	
2033			1213697	3.77	
2034			1257779	3.63	
2035			1301861	3.50	

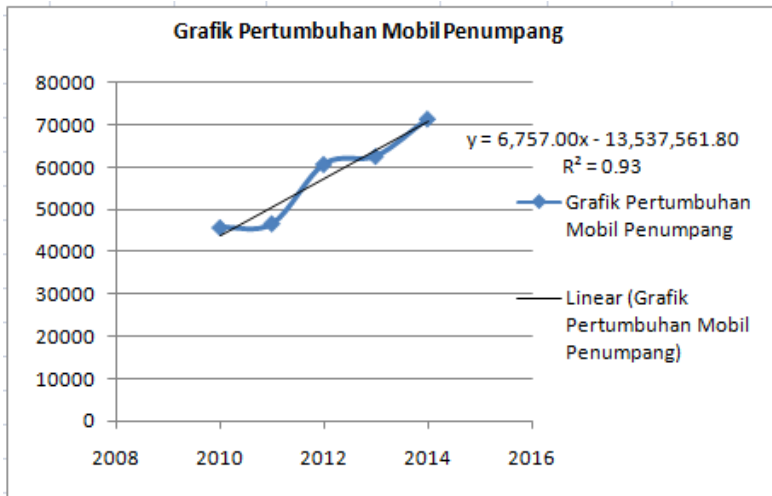


Gambar 4.1. Grafik pertumbuhan sepeda motor

Maka didapatkan hasil pertumbuhan sepeda motor dari perhitungan Regresi diperoleh $R^2 = 0.98$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang dapat digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variable (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variable terikat (y), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata – rata sebesar 6.97 %

Tabel 4.8. Pertumbuhan kendaraan Mobil penumpang

Mobil penumpang					
Tahun	y	R	Pers. Regresi	i (%)	i rata-rata
2010	45785	0.93	44008	-	
2011	46732		50765	15.35	5.86
2012	60808		57522	13.31	
2013	62700		64279	11.75	
2014	71586		71036	10.51	
2015			77793	9.51	
2016			84550	8.69	
2017			91307	7.99	
2018			98064	7.40	
2019			104821	6.89	
2020			111578	6.45	
2021			118335	6.06	
2022			125092	5.71	
2023			131849	5.40	
2024			138606	5.12	
2025			145363	4.87	
2026			152120	4.65	
2027			158877	4.44	
2028			165634	4.25	
2029			172391	4.08	
2030			179148	3.92	
2031			185905	3.77	
2032			192662	3.63	
2033			199419	3.51	
2034			206176	3.39	
2035			212933	3.28	

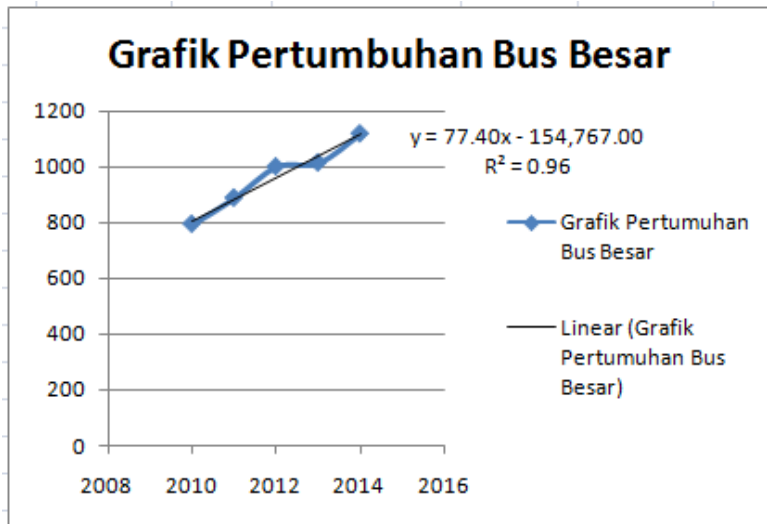


Gambar 4.2. Grafik pertumbuhan Mobil penumpang

Maka didapatkan hasil pertumbuhan mobil penumpang dari perhitungan Regresi diperoleh $R^2 = 0.93$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang dapat digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variable (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variable terikat (y), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata – rata sebesar 5.86 %

Tabel 4.9. Pertumbuhan kendaraan Bus Besar

Bus Besar					
Tahun	y	R	Pers. Regresi	i (%)	i rata-rata
2010	793	0.96	807	-	4.57
2011	887		884	9.59	
2012	999		962	8.75	
2013	1013		1039	8.05	
2014	1117		1117	7.45	
2015			1194	6.93	
2016			1271	6.48	
2017			1349	6.09	
2018			1426	5.74	
2019			1504	5.43	
2020			1581	5.15	
2021			1658	4.90	
2022			1736	4.67	
2023			1813	4.46	
2024			1891	4.27	
2025			1968	4.09	
2026			2045	3.93	
2027			2123	3.78	
2028			2200	3.65	
2029			2278	3.52	
2030			2355	3.40	
2031			2432	3.29	
2032			2510	3.18	
2033			2587	3.08	
2034			2665	2.99	
2035			2742	2.90	

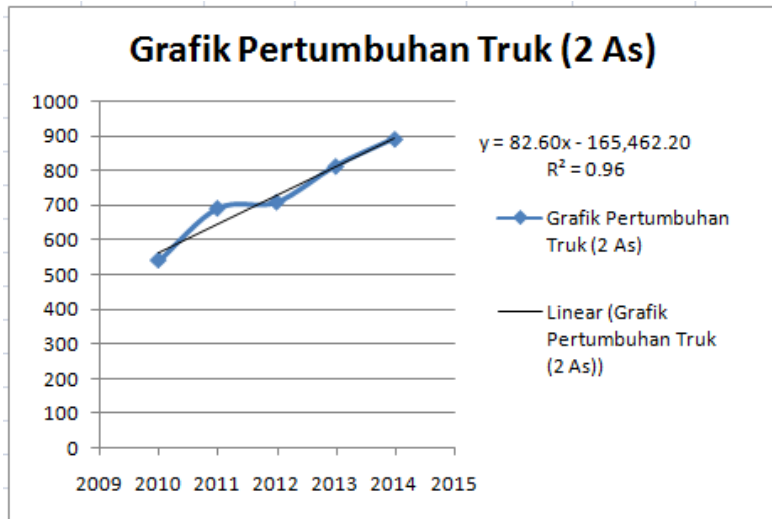


Gambar 4.3. Grafik pertumbuhan Bus Besar

Maka didapatkan hasil pertumbuhan Bus Besar dari perhitungan Regresi diperoleh $R^2 = 0.96$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang dapat digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variable (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variable terikat (y), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata – rata sebesar 4.57 %

Tabel 4.10. Pertumbuhan kendaraan Truk 2 As

Truk 2 As					
Tahun	y	R	Pers. Regresi	i (%)	i rata-rata
2010	540	0.96	564	-	5.72
2011	691		646	14.65	
2012	709		729	12.78	
2013	813		812	11.33	
2014	892		894	10.18	
2015			977	9.24	
2016			1059	8.46	
2017			1142	7.80	
2018			1225	7.23	
2019			1307	6.75	
2020			1390	6.32	
2021			1472	5.94	
2022			1555	5.61	
2023			1638	5.31	
2024			1720	5.04	
2025			1803	4.80	
2026			1885	4.58	
2027			1968	4.38	
2028			2051	4.20	
2029			2133	4.03	
2030			2216	3.87	
2031			2298	3.73	
2032			2381	3.59	
2033			2464	3.47	
2034			2546	3.35	
2035			2629	3.24	

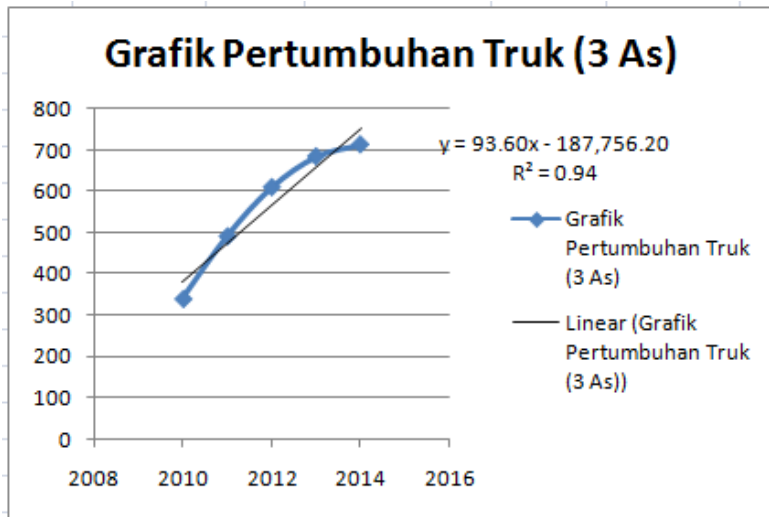


Gambar 4.4. Grafik pertumbuhan Truk 2 As

Maka didapatkan hasil pertumbuhan truk 2 As dari perhitungan Regresi diperoleh $R^2 = 0.96$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang dapat digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variable (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variable terikat (y), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata – rata sebesar 5.72 %

Tabel 4.11. Pertumbuhan kendaraan Truk 3 As

Truk 3 As					
Tahun	y	R	Pers. Regresi	i (%)	i rata-rata
2010	340	0.94	380	-	8.32
2011	491		473	24.64	
2012	609		567	19.77	
2013	683		661	16.51	
2014	712		754	14.17	
2015			848	12.41	
2016			941	11.04	
2017			1035	9.94	
2018			1129	9.04	
2019			1222	8.29	
2020			1316	7.66	
2021			1409	7.11	
2022			1503	6.64	
2023			1597	6.23	
2024			1690	5.86	
2025			1784	5.54	
2026			1877	5.25	
2027			1971	4.99	
2028			2065	4.75	
2029			2158	4.53	
2030			2252	4.34	
2031			2345	4.16	
2032			2439	3.99	
2033			2533	3.84	
2034			2626	3.70	
2035			2720	3.56	



Gambar 4.5. Grafik pertumbuhan Truk 3 As

Maka didapatkan hasil pertumbuhan truk 3 As dari perhitungan Regresi diperoleh $R^2 = 0.96$ dimana R^2 adalah koefisien determinasi berganda yang dapat digunakan untuk mengukur kontribusi seluruh variable (x_1, x_2, \dots, x_n) terhadap variable terikat (y), sehingga dapat diperoleh nilai persamaan regresinya dan angka pertumbuhan lalu lintas rata – rata sebesar 5.72 %

Tabel 4.12. Estimasi DS Frontage Sisi Barat Kota Surabaya

Presentase Peningkatan		Jenis Kendaraan (Smp/jam)			
No.	Tahun	6.97%	5.86%	5.72%	4.57%
		MC	LV	HV	BUS
	2015 (kondisi Eksisting)	6596	2074	17	36
1	2016 (Awal UR)	7055	2196	18	38
2	2017	7547	2324	19	40
3	2018	8073	2460	20	42
4	2019	8636	2605	21	44
5	2020	9238	2757	22	46
6	2021	9882	2919	24	48
7	2022	10570	3090	25	50
8	2023	11307	3271	26	52
9	2024	12095	3463	28	54
10	2025	12938	3665	29	57
11	2026	13840	3880	31	60
12	2027	14805	4108	33	62
13	2028	15837	4348	35	65
14	2029	16940	4603	37	68
15	2030	18121	4873	39	71
16	2031	19384	5158	41	74
17	2032	20735	5461	44	78
18	2033	22180	5781	46	81
19	2034	23726	6119	49	85
20	2035	25380	6478	51	89

4.3.2 Analisis Trip Assignment

Trip assignment merupakan cara yang digunakan untuk mengetahui presentase perpindahan kendaraan yang akan melewati jalan eksisting (Jl. A.Yani) dan jalan rencana (Frontage Sisi Barat A.Yani). Untuk melakukan perhitungan analisis *trip assignment* digunakan metode *Smock*. Rumus yang digunakan dalam perhitungan *trip assignment* adalah :

$$t = t_0 \times \exp (/ Q_s)$$

Dimana :

t_0 = *travel time*, per satuan jarak *free flow*

Q_s = Kapasitas pada kondisi jenuh

Dengan menggunakan rumus tersebut, didapatkan hasil *trip assignment* dengan membandingkan *travel time* jalan eksisting dan *travel time* dengan contoh cara perhitungan, sebagai berikut :

- a. Mengalikan jumlah kendaraan dengan faktor emp dengan ketentuan yang ada pada ruas jalan perkotaan. Diambil jumlah kendaraan dari persimpangan tersebut yaitu kendaraan yang dari Sidoarjo ke arah Surabaya karena diasumsikan kendaraan yang akan melalui jalan A. Yani adalah kendaraan pada ruas tersebut. Volume kendaraan pada ruas tersebut sebesar 8723 smp/jam
- b. Menentukan besarnya *Increament* setiap iterasi, dalam ruas ini penulis menggunakan 20 iterasi. Sehingga besarnya *Increament* sisapatkan dari $8723 / 20 = 436,15$
- c. Menentukan kecepatan arus bebas (FV) jalan eksisting dan jalan tol yang telah ditentukan, sebesar :
 - Fv Eksisting : 78,72 km/jam
 - Fv Jalan Frontage : 54,9 km/jam
- d. Menentukan *Travel Time* (TT) dalam satuan menit pada jalan eksisting maupun pada jalan Frontage yang didapatkan dari $= (\text{jarak} / \text{kecepatan arus bebas}) \times 60$
 - TT Eksisting
 $= (4,3 / 78,72) \times 60 = 3,27744$ menit
 - TT Jalan Frontage
 $= (4,3 / 54,9) \times 60 = 4,7$ menit

- e. Menentukan kapasitas jalan (C) pada ruas jalan eksisting maupun jalan tol yang telah ditentukan, sebesar :
- C Eksisting = 7174,4 smp/jam
 - C Jalan Frontage = 6343,92 smp/jam
- f. Menentukan besarnya *travel time* pada iterasi ke 0 pada jalan eksisting maupun jalan Frontage, dengan cara = TT/d
- t1 Eksisting
= $3,27744 / 4,3 = 0,76219$
 - t2 Jalan Tol
= $4,7 / 4,3 = 1,09$
- g. Dari hasil besarnya *travel time* setiap iterasi ini selanjutnya dibandingkan antara jalan Eksisting dan jalan Frontage seperti contoh dibawah ini :

Tabel 4.13. Perhitungan Iterasi Volume kendaraan

iterasi									
	FV	d	TT	C	FV	d	TT	C	
	78.72	4.3	3.2774	7174.4	54.9	4.3	4.70	6343.9	
ayani					frontage				
increment	V1Increment	V1	V1/Qs1	t1	V2 increment	V2	V2/Qs2	t2	
0	0	0.00	0	0.76219512		0	0	1.0929	
1	436.150	436.15	0.0608	0.80396831					
2	436.150	436.15	0.1216	0.91468543					
3	436.150	436.15	0.1824	1.03768405					
4	436.150				436.150	436.150	0.0688	1.17	
5	436.150	436.15	0.2432	1.39386067					
6	436.150				436.150	872.300	0.1375	1.34	
7	436.150				436.150	1308.450	0.2063	1.65	
8	436.150	436.15	0.304	1.89711709					
9	436.150				436.150	1744.600	0.275	2.17	
10	436.150	436.15	0.3648	2.73215494					
11	436.150				436.150	2180.750	0.3438	3.07	
12	436.150	436.15	0.4255	4.18136787					
13	436.150				436.150	2616.900	0.4125	4.63	
14	436.150	436.15	0.4863	6.80038178					
15	436.150				436.150	3053.050	0.4813	7.49	
16	436.150	436.15	0.5471	11.7530363					
17	436.150				436.150	3489.200	0.55	12.99	
18	436.150	436.15	0.6079	21.5858286					
19	436.150	436.15	0.6687	42.1297844	436.150	3925.350	0.6188	24.11	
20	436.150	436.15	0.6687	42.1297844					
	8723	4797.65			3925.35			59.714	

- h. Dari hasil perbandingan tersebut didapatkan total increment di jalan Eksisting maupun jalan Frontage, dari total setiap jalan tersebut didapatkan presentase kendaraan yang melalui jalan Frontage maupun pada jalan eksisting.

- Jalan Eksisting A.Yani
 $= (4797,65 / 8723) * 100\% = 55 \%$
- Jalan Frontage A.Yani
 $= (3925,35 / 8723) * 100\% = 45 \%$

Tabel 4.14. Volume Kendaraan yang masuk ke Frontage

Jenis Kendaraan	Jumlah Kendaraan Di jalan eksisting (smp/jam)	Jumlah Kendaraan Di Frontage (smp/jam)
Sepeda Motor	37096	16693
Mobil Pribadi	27129	12208
Angkot	915	412
Bus mini	2191	986
Pick Up/ Box	186	84
Mini Truk	1498	674
Bus Besar	560	252
Truk 2 Sumbu	264	119
Truk 3 Sumbu	120	54
Truk Gandeng	8	4
Trailer	2	1

4.3.3 Data Kondisi Tanah Dasar

Dari hasil penyelidikan diperoleh harga CBR seperti Tabel 4.15. Dari hasil distribusi CBR tersebut dicari harga CBR rata – rata sebagai berikut :

Tabel 4.15. Data perhitungan CBR

STA	Nilai CBR (%)	Jumlah yang sama atau lebih besar	Prosentase CBR (%)
1+500	1.80	10	100
0+300	2.50	9	90
1+200	2.80	8	80
1+800	2.92	7	70
0+900	3.00	6	60
2+100	3.01	5	50

Lanjutan Tabel 4.15

STA	Nilai CBR (%)	Jumlah yang sama atau lebih besar	Prosentase CBR (%)
2+400	3.37	4	40
3+000	3.87	3	30
2+700	3.92	2	20
0+600	6.00	1	10

Maka CBR rencana yang digunakan dalam perencanaan sebagai berikut ini :

- Lapis Permukaan (CBR 80 %)
- Lapis Pondasi Atas (CBR 50 %)
- Lapis Pondasi Bawah (CBR 2,5 %)

4.3.4 Analisa Kapasitas Jalan

Dalam menganalisis kapasitas diperlukan hasil perhitungan kapasitas dasar (C_0), menentukan factor penyesuaian kapasitas akibat jalur lalu – lintas (FC_W), faktor penyesuaian akibat pemisah arah (FC_{SP}) dan factor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{SF}), yang kemudian akan digunakan untuk menentukan nilai DS pada kondisi eksisting.

❖ Menghitung kapasitas (C)

Kapasitas dasar dapat dihitung dengan menyesuaikan tipe alinyemen pada daerah perencanaan. Ruas Frontage jalan Achmad Yani STA. 0+000 – STA. 4+300 direncanakan 4 lajur searah tak terbagi (4/1 UD) adalah datar, sehingga didapat nilai C seperti perhitungan dibawah ini :

- Kapasitas dasar (C_0) = 1650 smp/jam
- Faktor penyesuaian kapasitas akibat lebar jalan (FC_W) = 1,08, dengan lebar jalan pada masing – masing lajur sebesar 4,25 m
- Faktor penyesuaian kapasitas akibat pemisah arah (FC_{SP}) = 1,00 untuk tipe jalan 4 lajur 1 arah tanpa pemisah, sehingga dimasukkan faktor penyesuaian untuk ukuran kota (FC_{CS}) jumlah penduduk kota

Surabaya yaitu 1 – 3 juta jiwa, maka didapatkan FC_{CS} adalah 1,00

- Faktor penyesuaian kapasitas akibat hambatan samping (FC_{SF}) = 0,89, karena tipe jalan 4/1 UD dengan kelas hambatan samping sedang dan lebar bahu jalan < 0.5 m. Maka didapatkan nilai C dengan rumus :

$$\begin{aligned} C &= C_o \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{CS} \times FC_{SF} \\ &= 1650 \times 1,08 \times 1,00 \times 1,00 \times 0.89 \\ &= 6343,92 \text{ smp/jam} \end{aligned}$$

❖ Menghitung Arus lalu lintas (Q)

Arus lalu lintas pada frontage sisi barat dapat dihitung dengan nilai faktor k sebesar = 0.11 dan nilai EMP pada tipe jalan 4 lajur 1 arah sesuai dengan jenis kendaraan yaitu Heavy Vehicle (HV) = 1.3, Motor Cycle (MC) = 0.4, Light Vehicle (LV) = 1.0 dan prediksi pertumbuhan kendaraan dikota Surabaya pada tahun 2015 sebesar i rata-rata = 5.78% = 0.06

Maka didapatkan nilai Q dengan rumus :

$$Q = LHRT \times k \times EMP$$

- Pada awal tahun umur rencana 2016

Tahun	Jenis kendaraan	Q (kend/jam)	emp	k	Q (Smp/jam)
2016	MC	17638	0.4	0.11	776
	LV	2196	1		242
	HV	43	1.3		6
Jumlah					1024

- Pada akhir tahun umur rencana 2035

Tahun	Jenis kendaraan	Q (kend/jam)	emp	k	Q (Smp/jam)
2035	MC	63450	0.4	0.11	2792
	LV	6478	1		713
	HV	140	1.3		20
Jumlah					3520

❖ Menghitung Derajat Kejenuhan (DS)

- DS pada awal tahun umur rencana 2016 sebesar :

$$\begin{aligned} DS &= \frac{1024}{6343,92} \leq 0.75 \\ &= 0,162 < 0.75 \text{ (Oke)} \end{aligned}$$

- DS pada akhir tahun umur rencana 2035 sebesar :

$$\begin{aligned} DS &= \frac{3520}{6343,92} \leq 0.75 \\ &= 0,55 > 0.75 \text{ (Oke)} \end{aligned}$$

Tabel 4.16. Rekapitulasi DS dari kota Sidoarjo masuk ke kota Surabaya

UMUR RENCANA (tahun)	DS Jl.Frontage sisi barat Achmad Yani
2016	0.16
2017	0.17
2018	0.18
2019	0.20
2020	0.21
2021	0.22
2022	0.24
2023	0.25
2024	0.27
2025	0.29
2026	0.31
2027	0.33
2028	0.35
2029	0.38
2030	0.40
2031	0.43
2032	0.46
2033	0.49
2034	0.52
2035	0.55

4.4 Perhitungan Tebal Perkerasan

Untuk perhitungan tebal perkerasan, lalu lintas rencana yang diperhitungkan adalah kendaraan niaga dengan berat ≥ 5

ton. Oleh karena itu kendaraan seperti sepeda motor, mobil, dan angkutan umum tidak masuk dalam perhitungan.

Tabel 4.17. Data muatan dan pengelompokan kendaraan niaga

No.	Jenis Kendaraan	Pengelompokan dalam perhitungan	Berat Total Maks (Kg)
1	Kendaraan Ringan	Mobil Penumpang	2000
2	Bus Besar	Bus Besar	9000
3	Truk 2 As 3/4 atau Bus Kecil	Truk 2 As 3/4 atau Bus Kecil	8300
4	Truk 2 As	Truk 2 As	18200
5	Truk 3 As	Truk 3 As	25000

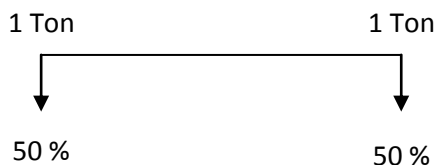
Tabel 4.18. Pembagian beban sumbu /As (Berdasarkan pengukuran beban)

No.	Jenis Kendaraan	Beban As	Jenis As
1	Kendaraan Ringan 2 Ton	1 1	STRT STRT
2	Bus Besar 9 Ton	3.06 5.94	STRT STRG
3	Truk 2 As ¾ atau Bus Kecil 8.3 Ton	2.822 5.478	STRT STRG
4	Truk 2 As 18.2 Ton	6.188 12.012	STRT STRG
5	Truk 3 As 25 Ton	6.25 18.75	STRT STRG

Dalam survey muatan maksimum kendaraan digunakan untuk mengetahui angka ekivalen untuk tiap – tiap jenis kendaraan. Berikut ini penjelasan distribusi beban sumbu pada tiap – tiap jenis kendaraan :

- Mobil Penumpang

Muatan maksimum 2000 kg = 2 ton.



Beban sumbu depan dan belakang = 50 % x 2 ton = 1 ton

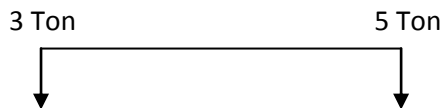
$$E \text{ sumbu depan} \left(\frac{1000}{8160} \right)^4 = 0.0002$$

$$E \text{ sumbu belakang} \left(\frac{1000}{8160} \right)^4 = 0.0002$$

$$E \text{ kendaraan ringan 2 ton} = 0.0004$$

- Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau Bus Kecil

Muatan maksimum 8300 kg = 8.3 ton.



$$\text{Beban } 34 \% \text{ depan} = 34 \% \times 8.3 \text{ ton}$$

$$\text{Beban sumbu belakang} = 66 \% \times 8.3 \text{ ton} = 5 \text{ ton}$$

$$E \text{ sumbu depan} \left(\frac{3000}{8160} \right)^4 = 0.0183$$

$$E \text{ sumbu belakang} \left(\frac{5000}{8160} \right)^4 = 0.1410$$

$$E \text{ kendaraan Truk 2 As } \frac{3}{4} \text{ atau bus kecil } 8.3 \text{ ton} = 0.1593$$

- Bus Besar

Muatan maksimum 9000 kg = 9 ton.



Beban sumbu depan 34 % x 9 ton = 3 ton

Beban sumbu belakang 66 % x 9 ton = 6 ton

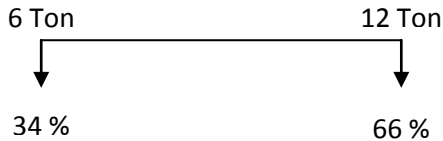
$$E \text{ sumbu depan} \left(\frac{3000}{8160} \right)^4 = 0.0183$$

$$E \text{ sumbu belakang} \left(\frac{6000}{8160} \right)^4 = 0.2923$$

$$E \text{ kendaraan bus Besar} = 0.3106$$

- Truk 2 As

Muatan maksimum 18200 kg = 18.2 ton



Beban sumbu depan 34 % x 18.2 ton = 6 ton

Beban sumbu belakang 66 % x 18.2 ton = 12 ton

$$E \text{ sumbu depan} \left(\frac{6000}{8160} \right)^4 = 0.2923$$

$$E \text{ sumbu belakang} \left(\frac{12000}{8160} \right)^4 = 4.6769$$

$$E \text{ kendaraan truk 2 as} = 4.9692$$

- Truk 3 As

Muatan maksimum 25000 kg = 25 ton.



Beban sumbu depan 25 % x 25 ton = 6 ton

Beban sumbu belakang 75 % x 25 ton = 19 ton

$$E \text{ sumbu depan} \quad \left(\frac{6000}{8160} \right)^4 = 0,2923$$

$$E \text{ sumbu belakang} \quad 0,086 \left(\frac{19000}{8160} \right)^4 = 2,5278$$

$$E \text{ kendaraan truk 3 as} \quad = 2,8201$$

4.4.1 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

❖ Perhitungan Lalu lintas Rencana

a. LHR pada awal umur rencana

$$\begin{aligned} \text{Mobil penumpang} &= 13309 \times (1 + 0.06)^1 \\ &= 14107,54 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Truk 2 As } \frac{3}{4} \text{ atau bus kecil} &= 1660 \times (1 + 0.06)^1 \\ &= 1759,6 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bus besar 9 ton} &= 252 \times (1 + 0.06)^1 \\ &= 267,12 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Truk 2 As 18.2 ton} &= 119 \times (1 + 0.06)^1 \\ &= 126,14 \text{ kendaraan} \end{aligned}$$

$$\text{Truk 3 As 25 ton} \quad = 59 \times (1 + 0.06)^1$$

- | | |
|--------|----------------------|
| | = 62,54 kendaraan |
| Jumlah | = 16322,94 kendaraan |
- b. LHR pada akhir umur rencana (n = 20 tahun)
- | | |
|----------------------------------------|------------------------------------|
| Mobil penumpang | = 13309 x (1 + 0.06) ²⁰ |
| | = 42683,77 kendaraan |
| Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau bus kecil | = 1660 x (1 + 0.06) ²⁰ |
| | = 5323,85 kendaraan |
| Bus besar 9 ton | = 252 x (1 + 0.06) ²⁰ |
| | = 808,19 kendaraan |
| Truk 2 As 18.2 ton | = 119 x (1 + 0.06) ²⁰ |
| | = 381,65 kendaraan |
| Truk 3 As 25 ton | = 59 x (1 + 0.06) ²⁰ |
| | = 189,22 kendaraan |
- | | |
|--------|----------------------|
| Jumlah | = 49005,03 kendaraan |
|--------|----------------------|
- c. Angka Ekvivalen (E)
- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Mobil Penumpang | = 0.0002 + 0.0002 = 0.0004 |
| Truk 2 As $\frac{3}{4}$ / bus kecil | = 0.0183 + 0.1410 = 0.1593 |
| Bus Besar | = 0.0183 + 0.2923 = 0.3106 |
| Truk 2 As | = 0.2923 + 4.6769 = 4.9692 |
| Truk 3 As | = 0.2923 + 2.5278 = 2.8201 |
- d. Lintas Ekvivalen Permulaan (LEP)
- LEP dapat dihitung dengan nilai C didapatkan dari tabel distribusi kendaraan dan digunakan rumus :
- LEP = LHR x C x E
- Contoh :
- Mobil Penumpang (Gol 2) = 12940,48 x 0.5 x 0.0004
- = 2,59
- e. Lintas Ekvivalen Akhir (LEA)
- LEA dapat dihitung dengan menggunakan rumus :
- LEA = LHR x C x E

Contoh :

$$\text{Mobil Penumpang (Gol 2)} = 41501,9 \times 0,5 \times 0,0004 \\ = 8,30$$

Lintas Ekvivalen Tengah (LET)

$$\text{LET} = \frac{\sum \text{LEP} + \sum \text{LEA}}{2}$$

$$\text{LET} = \frac{2,59 + 8,30}{2} = 5,44$$

f. Lintas Ekvivalen Rencana (LER)

$$\text{LER} = \text{LET} \times \frac{\text{UR}}{10}$$

$$\text{LER} = 5,44 \times \frac{20}{10} = 10,89$$

❖ **Faktor Regional (FR)**

Prosentase kendaraan berat (kendaraan beratnya ≥ 13 ton):

$$= \frac{\text{Jumlah Kendaraan berat}}{\text{Jumlah Total Kendaraan}} \times 100\%$$

$$= \frac{430}{31486} \times 100\% = 1,36\% \leq 30\%$$

- Kelandaian $= \frac{\text{Lebar jalan}}{\text{panjang jalan}} \times 100\% < 6\%$
 $= \frac{18 \text{ m}}{4300 \text{ m}} \times 100\%$
 $= 0,42\% < 6\%$

- Iklim curah hujan rata-rata adalah 97 mm/th > 900 mm/th.

Dari data diatas, maka didapatkan nilai FR = 0.5

❖ **Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IP₀)**

Jenis lapis permukaan yang akan dipakai adalah LASTON diperoleh nilai IP₀ = 3.9 – 3.5

❖ **Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP_t)**

Dengan nilai $\sum LER = 2465,05$ diperoleh untuk klasifikasi jalan arteri $IP_t = 2.5$

❖ **Indeks Tebal Perkerasan (ITP)**

Dari Grafik CBR dan DDT maka didapatkan nilai DDT sebagai berikut :

CBR 80% ; DDT = 9,8

CBR 30% ; DDT = 8,1

CBR 2,5% ; DDT = 3,4

❖ **Menentukan ITP**

Dari nilai DDT lalu di masukkan pada grafik Nomogram didapatkan ITP dan ITP sebagai berikut :

ITP = 5,6 ; $\overline{ITP} = 5$

ITP = 7,1 ; $\overline{ITP} = 6,3$

ITP = 13,4 ; $\overline{ITP} = 12$

❖ **Menentukan Tebal Lapis Perkerasan**

a. Jenis lapis perkerasan

- Lapis permukaan (LASTON)
- Lapis pondasi atas batu pecah (klas A) CBR 80%
- Lapis pondasi bawah sirtu CBR 30%

b. Koefesien kekuatan relatif

Dari tabel diperoleh :

- Lapis permukaan (a_1) = 0.4
- Lapis pondasi atas (a_2) = 0.14
- Lapis pondasi bawah (a_3) = 0.12

c. Batas tebal minimum tiap lapis perkerasan diperoleh :

- Lapis permukaan (D_1)

$$\overline{ITP} = D_1 \times a_1$$

$$5 = D_1 \times 0.4$$

$$D_1 = \frac{5}{0.4} = 13cm \geq 10cm(OK)$$

- Lapis pondasi atas (D_2)

$$\overline{ITP} = D_2 \times a_2 + D_1 \times a_1$$

$$6,3 = D_2 \times 0.14 + (13 \times 0.4)$$

$$6,3 - 5 = D_2 \times 0.14$$

$$D_2 = \left(\frac{1.5}{0.14} \right) = 9cm \leq 20cm(tidak OK)$$

Maka digunakan tebal minimum = 20 cm

- Lapis pondasi bawah (D_3)

$$ITP = D_3 \times a_3 + D_2 \times a_2 + D_1 \times a_1$$

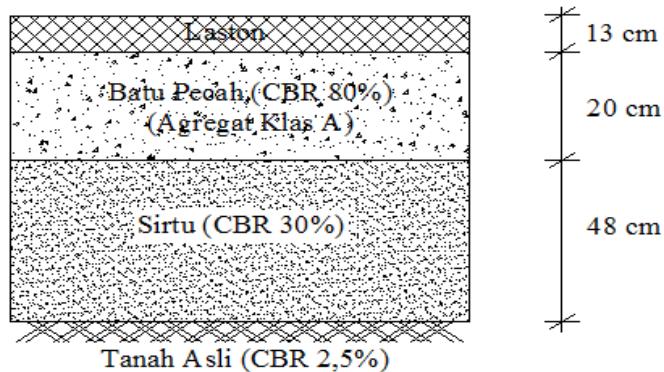
$$12 = D_3 \times 0.12 + (9 \times 0.14) + (13 \times 0.4)$$

$$12 - 1.3 - 5 = D_3 \times 0.12$$

$$D_3 = \left(\frac{5.7}{0.12} \right) = 48 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm (OK)}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil perencanaan lapisan perkerasan sebagai berikut :

- Lapisan Permukaan (Laston) = 13 cm
- Lapisan Pondasi Atas (Batu pecah kelas A) = 20cm
- Lapisan Pondasi Bawah (Sirtu) = 48 cm



Gambar 4.6. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur

4.4.2 Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Untuk perkerasan kaku, beban lalu lintas rencana yang diperhitungkan adalah kendaraan niaga dengan berat ≥ 5 ton. Oleh karena itu kendaraan seperti sepeda motor, mobil, dan angkutan umum tidak masuk dalam perhitungan.

- Persyaratan Penggunaan Pedoman

Guna mendapatkan hasil yang diharapkan, penggunaan pedoman harus memperhatikan persyaratan dan pembatasan sebagai berikut :

- Modulus reaksi tanah dasar (k), minimum 2 kg/cm^3
- Kuat lentur tarik beton (MR), pada umur 28 hari dianjurkan 42 kg/cm (dalam keadaan terpaksa boleh menggunakan beton dengan MR minimum 30 kg/cm^2).
- Kelandaian memanjang jalan, maksimum 10%
- Pelaksanaan harus sesuai dengan petunjuk Pelaksanaan perkerasan kaku (Beton Semen).
- Tebal minimum plat untuk perkerasan kaku adalah 15 cm.

➤ Karakteristik kendaraan

Konfigurasi sumbu rencana yaitu :

- Sumbu Tunggal dengan Roda Tunggal (STRT)
- Sumbu Tunggal dengan Roda Ganda (STRG)
- Sumbu Tandem/Ganda dengan Roda Ganda (SGRG)

➤ Prosedur Perhitungan Plat Beton

- Menentukan Batasan dan Data Lalu Lintas.
Direncanakan tebal perkerasan kaku untuk jalan dengan batasan :
 - a. Peranan Jalan : Arteri lokal ($F_k = 1.1$)
 - b. Tipe Jalan : 4 lajur 1 arah
 - c. Umur rencana : 20 tahun
 - d. CBR rencana : 30 % (syarat minimal cara NASRAA 1987 dan Bina Marga CBR = 2%)
 - e. Mutu beton rencana digunakan kuat tekan 28 hari sebesar 400 kg/cm^2 dari Gambar grafik 2.3, Hubungan antara kuat tarik lentur dan kuat tekan pada umur 28 hari diperoleh $MR = 45 \text{ kg/cm}^2$.
 - f. Modulus (pengaruh) tanah dasar CBR = 2,5% dikorelasikan dengan modulus reaksi tanah dasar (k), diperoleh $k = 25 \text{ kg/cm}^3$ dari Gambar grafik 2.2.
 - g. Pertumbuhan lalu lintas (i) rata-rata 6% per tahun.
 - h. LHR pada awal pembukaan

Mobil penumpang 2 ton (1+1)	= 12208 kend
Truk 2 As $\frac{3}{4}$ atau bus kecil 8.3 ton	= 2156 kend
Bus besar 9 ton (3+5)	= 252 kend
Truk 2 As 18.2 ton (5+8)	= 119 kend
Truk 3 As 25 ton (6+7-7)	= 59 kend
Jumlah total	= 14794 kend

- Mencari prosentase setiap sumbu yang mempunyai macam dan beban sama/ terhadap total sumbu.

Nama Sumbu	STRT	STRG	SGRG	Jumlah
Beban Sumbu	Sumbu	Sumbu	Sumbu	Sumbu
3 ton	252(29.3%)			252
5 ton		252(29.3%)		252
5 ton	119(13.84%)			119
6 ton	59(6.86%)			59
8 ton		119(13.84%)		119
14 ton			59(6.86%)	59
Jumlah				860

- Menghitung jumlah kendaraan niaga (JKN) selama umur rencana (n,tahun) dengan persamaan sebagai berikut :

$$JKN = 365 \times JKNH \times R$$

- Dari persamaan :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{\log(1+i)}$$

Sehingga harga R sebesar :

$$R = \frac{(1+0,06)^{20} - 1}{\ln(1+0,06)}$$

$$= 37,876$$

Maka Nilai JKN sebesar :

$$\begin{aligned} JKN &= 365 \times 860 \times 37,876 \\ &= 11.889.276,4 \text{ buah} \end{aligned}$$

- Dari persamaan : $JKN \times \% \text{ kombinasi terhadap } JKNH \times Cd$ dimana harga Cd dari tabel didapat nilai = 1 untuk jalan satu arah.

- Total kumulatif sumbu yang lewat selama umur rencana untuk setiap macam dan beban kendaraan.

Macam Sumbu	Beban Sumbu	Kumulatif Sumbu yang lewat selama umur rencana
STRT	3 Ton	$29.3\% \times 11.889.276,4 \times 1 = 3.483.557,98$
STRG	5 Ton	$29.3\% \times 11.889.276,4 \times 1 = 3.483.557,98$
STRT	5 Ton	$13.84\% \times 11.889.276,4 \times 1 = 1.645.475,85$
STRT	6 Ton	$6.86\% \times 11.889.276,4 \times 1 = 815.604,36$
STRG	8 Ton	$13.84\% \times 11.889.276,4 \times 1 = 1.645.475,85$
SGRG	14 Ton	$6.86\% \times 11.889.276,4 \times 1 = 815.604,36$

- Perhitungan Tebal Pelat

Untuk mendapatkan kebutuhan tebal pelat beton yang direncanakan dilakukan percobaan – percobaan yaitu :

- a. Dicoba tebal pelat 15 cm

Dengan estimasi tebal pelat beton (t) = 15 cm, perhitungan kebutuhan tebal pelat beton dihitung dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.20. Perhitungan Pelat Beton dengan t rencana = 15 cm dan $MR = 45 \text{ Kg/cm}^2$.

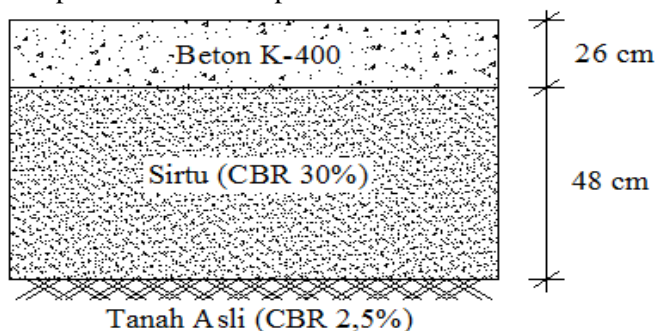
Konfigurasi	Beban Sumbu	Beban Sumbu Renc	Repetisi beban	Teg yg terjadi	Perbandingan	Jmlh Repetisi	Prosentase
Sumbu	Ton	Ton	10^5	Kg/cm ²	tegangan	Beban ijin	Fatigue
1	2	3	4	5	$6 = S/MR$	7	$8 = \frac{6}{4/7} \times 100\%$
STRG	5	5	34.84	17	0.38	0	0
STRT	5	5	16.45	23.8	0.53	240000	685.417
STRT	6	6	8.16	26.9	0.60	32000	2550.000
STRG	8	8	16.45	26	0.58	57000	2885.965
STRG	14	14	8.15	38	0.84	0	0
Total Fatigue							6121

Dengan tebal pelat 15 cm, total fatigue yang terjadi $6121 > 100\%$ maka perhitungan perlu diulangi dengan tebal pelat yang lebih dari 15 cm.

Keterangan Kolom :

- Kolom 3 : $FK = 1$ untuk jalan kolektor (Tabel 2.26)
- Kolom 4 : Jumlah kumulatif sumbu yang lewat selama umur rencana

Dengan tebal pelat 26 cm, total fatigue yang terjadi $0 < 100\%$ maka digunakan tebal pelat = 26 cm dalam perencanaan tebal perkerasan kaku.



Gambar 4.7. Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

BAB V

ANALISIS EKONOMI JALAN RAYA

5.1 UMUM

Pada suatu proyek diperlukan analisis ekonomi untuk mengetahui kelayakan proyek tersebut dilihat dari sudut pandang masyarakat secara umum. Pada proyek jalan frontage A. Yani sisi barat Surabaya ini digunakan metode *Benefit Cost Ratio (BCR)* sebagai parameter kelayakan, dimana metode ini membandingkan nilai antara besarnya suatu investasi pembangunan (*Construction Cost*) yang dikeluarkan dengan nilai yang ekonomis.

5.1.1 Perhitungan Biaya Kontruksi Lapisan Perkerasan Lentur dan Lapisan Perkerasan Kaku

Dari hasil perhitungan dan analisa untuk ruas jalan frontage road sisi barat didapat data-data dan struktur perkerasan lentur sebagai berikut :

- a. Panjang jalan rencana : 4300 m
- b. Lebar Jalan : 18.00 m (4 Lajur 1 Jalur)
- c. Perencanaan Perkerasan Lentur
 - Lapis Pondasi Bawah : 48 cm (Sirtu)
 - Lapis Pondasi atas : 20 cm (Agregat Klas A)
 - Lapis Permukaan : 13 cm (Laston AC)
- d. Perencanaan Perkerasan Kaku
 - Tebal Pelat Beton : 20 cm
 - Lapisan Pondasi Bawah : 48 cm
 - Lebar pelat = Panjang pelat : 600 cm

Setelah diketahui tebal perkerasan yang dibutuhkan untuk setiap lapisan, dapat dihitung volume pekerjaan setiap lapisan sebagai berikut :

- Perhitungan volume lapisan perkerasan lentur
 - 1. Lapisan Permukaan (Laston)
$$\begin{aligned}\text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 4300 \times 18 \times 0.13 \\ &= 10062 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Lapisan Pondasi Atas (Agregat Klas A)

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 4300 \times 18 \times 0.2 \\ &= 15480 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Lapisan Pondasi Bawah (Sirtu)

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 4300 \times 18 \times 0.48 \\ &= 37152 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Perhitungan biaya konstruksi perkerasan lentur selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1. Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan lentur

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Volume	Harga Sat (Rp)	Harga (Rp)
	Pekerjaan Perkerasan Lentur					
1	Kebutuhan Lapisan Aspal	-	ton	10062		
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.01	O.H		125,000.00	1,250.00
	Tukang	0.03	O.H		90,000.00	2,700.00
	Operator Alat Konstruksi	0.025	O.H		125,000.00	3,125.00
	Pembantu Operator	0.025	O.H		90,000.00	2,250.00
	Sopir	0.04	O.H		95,000.00	3,800.00
	Pembantu Sopir	0.04	O.H		90,000.00	3,600.00
		Jumlah				16,725.00
	B. Bahan					
	Batu Pecah 1/2	0.14	m3		135,000.00	18,900.00
	Batu Pecah 0.5/1	0.17	m3		135,000.00	22,950.00
	Pasir Pasang	0.24	m3		130,000.00	31,200.00
	Semen Pc	0.8	m3		59,000.00	47,200.00
	Aspal Ac 60/70	60	kg		13,250.00	795,000.00
		Jumlah				915,250.00
	C. Peralatan					
	AMP	0.05	jam		575,000.00	28,750.00
	Wheel Loader	0.05	jam		125,000.00	6,250.00
	Dump Truck 5 ton	0.24	jam		75,000.00	18,000.00
	Asphalt Finisher	0.0493	jam		150,000.00	7,395.00
	Tandem Roller	0.0493	jam		125,000.00	6,162.50
	Pneumatic Tire Roller	0.0493	jam		175,000.00	8,627.50
	Asphalt Sprayer	0.0296	jam		75,000.00	2,220.00

Lanjutan Tabel 5.1

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Volume	Harga Sat (Rp)	Harga (Rp)
	Compresor	0.0394	jam		50,000.00	1,970.00
	Sewa Alat Bantu	0.0047	ls		50,000.00	235.00
		Jumlah				79,610.00
		Jumlah (A + B + C)				1,011,585.00
		Total = (Volume) x (A + B + C)				10,178,568,270.00
2	Agregat Base Course		m3	15480		
	(Agregat kelas A)					
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.0067	O.H		125,000.00	837.50
	Tukang	0.04	O.H		90,000.00	3,600.00
	Operator Alat Konstruksi	0.0133	O.H		125,000.00	1,662.50
	Pembantu Operator	0.0133	O.H		90,000.00	1,197.00
	Sopir	0.0067	O.H		95,000.00	636.50
	Pembantu Sopir	0.0067	O.H		90,000.00	603.00
		Jumlah				8,536.50
	B. Bahan					
	Batu Pecah 1/2	0.4067	m3		135,000.00	54,904.50
	Batu Pecah 0.5/1	0.2933	m3		135,000.00	39,595.50
	Pasir Pasang	0.1267	m3		130,000.00	16,471.00
		Jumlah				110,971.00
	C. Peralatan					
	AMP	0.05	jam		575,000.00	28,750.00
	Wheel Loader	0.05	jam		125,000.00	6,250.00
	Dump Truck 5 ton	0.24	jam		75,000.00	18,000.00
	Asphalt Finisher	0.0493	jam		150,000.00	7,395.00
	Tandem Roller	0.0493	jam		125,000.00	6,162.50
	Pneumatic Tire Roller	0.0493	jam		175,000.00	8,627.50
	Asphalt Sprayer	0.0296	jam		75,000.00	2,220.00
	Compresor	0.0394	jam		50,000.00	1,970.00
	Sewa Alat Bantu	0.0017	ls		50,000.00	85.00
		Jumlah				79,460.00
		Jumlah (A + B + C)				198,967.50
		Total = (Volume) x (A + B + C)				3,080,016,900.00
3	Agregat Sub Base Course		m3	37152		
	(Sirtu)					
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.025	O.H		125,000.00	3,125.00

Lanjutan Tabel 5.1

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Volume	Harga Sat (Rp)	Harga (Rp)
	Buruh terampil	0.25	O.H		92,500.00	23,125.00
		Jumlah				26,250.00
	B. Bahan					
	Sirtu	1.2	m3		90,000.00	108,000.00
		Jumlah				108,000.00
	C. Peralatan					
	Sewa stamper	0.0088	jam		75,000.00	660.00
		Jumlah				660.00
		Jumlah (A + B + C)				134,910.00
		Total = (Volume) x (A + B + C)				5,012,176,320.00
4	pelapis Geotex UW 250		m2	238392		
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.0182	O.H		125,000.00	2,275.00
	Pekerja Terampil	0.0182	O.H		92,500.00	1,683.50
	Pekerja Tak Terampil	0.082	O.H		90,000.00	7,380.00
		Jumlah				11,338.50
	B. Bahan					
	Lapisan Geotex UW 250	1.1	m2		16,500.00	18,150.00
		Jumlah				18,150.00
	C. Peralatan					
	Sewa Alat Bantu	0.0387	jam		50,000.00	1,935.00
		Jumlah				1,935.00
		Jumlah (A + B + C)				31,423.50
		Total = (Volume) x (A + B + C)				7,491,111,012.00
	Total Biaya Konstruksi					25,761,872,502.00

- Perhitungan volume lapisan Perkerasan Kaku

- Lapisan Pondasi Bawah (Sirtu)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= P \times L \times T \\
 &= 4300 \times 18 \times 0.48 \\
 &= 37152 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Pekerjaan Bekisting

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{Vol memanjang} + \text{Vol melintang} \\
 &= (P \times T \times 4) + (P \times T \times 717) \\
 &= (4300 \times 0.26 \times 4) + (4300 \times 0.26 \times 717) \\
 &= 7826 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Pekerjaan Pengecoran (Beton readymix K- 400)

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= P \times L \times T \\
 &= 4300 \times 18 \times 0.26 \\
 &= 20124 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan Pembesian

- Dowel

D = 25 mm, panjang = 450 mm, jarak = 300 mm

Jumlah transversal joint (sambungan melintang)

$$= \frac{\text{Panjang Jalan}}{L \text{ memanjang}} = \frac{4300}{6} = 717 \text{ dowel}$$

Jumlah dowel 1 transversal joint

$$= \frac{\text{lebar Jalan}}{\text{jarak dowel}} = \frac{18}{0.3} = 60 \text{ dowel}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak dowel} &= \text{jmlh trans joint} \times \text{jmlh dowel} \\
 &\text{dalam 1 trans joint} \\
 &= 717 \times 60 \\
 &= 43000 \text{ dowel}
 \end{aligned}$$

Total panjang dowel yang dibutuhkan

= banyak dowel x panjang 1 dowel

$$= 43000 \times 0.45$$

$$= 19350 \text{ m}$$

BJ tulangan = 7850 kg/m³

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1 meter tulangan} &= 0.25\pi d^2 \times 1 \text{ m} \times \text{BJ tulangan} \\
 &= 0.25\pi(0.025)^2 \times 1 \text{ m} \times \\
 &\quad 7850 \\
 &= 3.8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Volume dowel = total panjang dowel x berat dowel

$$= 19350 \text{ m} \times 3.8 \text{ kg/m}$$

$$= 74524.71 \text{ kg}$$

- Tie bar

D = 12 mm, panjang = 600 mm, jarak = 750 mm

$$\text{Banyak tie bar} = \frac{\text{Panjang Jalan}}{\text{jarak tie bar}} = \frac{4300}{0.75} = 5733$$

Total panjang tie bar yang dibutuhkan

= banyak tie bar x 2 sisi jalan x panjang 1 tie bar

$$= 5733 \times 2 \times 0.6$$

$$= 6880 \text{ m}$$

$$\text{BJ tulangan} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat 1 meter tulangan} &= 0.25\pi d^2 \times 1 \text{ m} \times \text{BJ} \\ &\quad \text{tulangan} \\ &= 0.25\pi(0.012)^2 \times 1 \text{ m} \times \\ &\quad 7850 \\ &= 1 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tie bar} &= \text{total panjang tie bar} \times \text{berat tie bar} \\ &= 6880 \text{ m} \times 1 \text{ kg/m} \\ &= 6880 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kawat Bendrat

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 10\% \times (\text{vol.dowel} + \text{vol tie bar}) \\ &= 10\% \times (74524.71 + 6880) \\ &= 8140.471 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume total} &= \text{vol dowel} + \text{vol tie bar} + \text{vol kawat} \\ &= 74524.71 + 6880 + 8140.471 \\ &= 89545.19 \text{ kg}\end{aligned}$$

Perhitungan biaya konstruksi perkerasan kaku selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2. Perhitungan Biaya Konstruksi Perkerasan Kaku

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Vol	Harga Sat (Rp)	Harga (Rp)
	Pekerjaan Perkerasan Kaku					
1	Agregat Sub Base Course		m3	37152		
	(Sirtu)					
	A.Tenaga Kerja					
	Mandor	0.025	O.H		125,000.00	3,125.00
	Buruh terampil	0.25	O.H		92,500.00	23,125.00
		Jumlah				26,250.00
	B. Bahan					
	Sirtu	1.2	m3		90,000.00	108,000.00
		Jumlah				108,000.00
	C. Peralatan					
	Sewa Stamper	0.0088	jam		75,000.00	660.00
		Jumlah				660.00
		Jumlah (A + B + C)				134,910.00
		Total = (Volume) x (A + B + C)				5,012,176,320.00

Lanjutan Tabel 5.2

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Vol	Harga Sat (Rp)	Harga (Rp)
2	Pekerjaan Bekisting Kayu		m2	7826		
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.06	O.H		125,000.00	7,500.00
	Kepala Tukang Kayu	0.33	O.H		100,000.00	33,000.00
	Tukang Kayu	3.3	O.H		95,000.00	313,500.00
	Pekerja Tak Terampil	3	O.H		90,000.00	270,000.00
		Jumlah				624,000.00
	B. Bahan					
	Kayu meranti bekisting	0.4	m3		1,500,000.00	600,000.00
	Paku Usuk	4	kg		18,000.00	72,000.00
	Minyak Bekisting	0.2	liter		8,500.00	1,700.00
		Jumlah				673,700.00
	C. Peralatan					
	Sewa Alat Bantu	0.3243	jam		10,000.00	3,243.00
		Jumlah				3,243.00
		Jumlah (A + B + C)				1,300,943.00
		Total = (Volume) x (A + B + C)				10,181,179,918.00
3	Pekerjaan Pembesian		kg	89545.2		
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.0004	O.H		125,000.00	50.00
	Kepala Tukang Besi	0.0007	O.H		100,000.00	70.00
	Tukang Besi	0.007	O.H		90,000.00	630.00
	Pekerja Tak Terampil	0.007	O.H		95,000.00	665.00
		Jumlah				1,415.00
	B. Bahan					
	Tie Bars D16	1.05	kg		11,000.00	11,550.00
	Dowel D25	1.05	kg		11,000.00	11,550.00
	Kawat Bendrat	0.015	kg		20,000.00	300.00
		Jumlah				23,400.00
		Jumlah (A + B)				24,815.00
		Total = (Volume) x (A + B)				2,222,063,889.85
4	Pekerjaan Beton K-400		m3	20124		
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.084	O.H		94,000.00	7,896.00
	Pekerja Terampil	0.21	O.H		91,500.00	19,215.00
	Pekerja Tak Terampil	2.1	O.H		90,000.00	189,000.00
		Jumlah				216,111.00

Lanjutan Tabel 5.2

No	Uraian Kegiatan	Koef	Sat	Vol	Harga Sat (Rp)	Harga (Rp)
	B. Bahan					
	Semen portland	10.08	zak		60,000.00	604,800.00
	Pasir Beton	0.42	m3		120,000.00	50,400.00
	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.77	m3		135,000.00	103,950.00
		Jumlah				759,150.00
	C. Peralatan					
	Sewa Concreat Mixer	1.008	jam		50,000.00	50,400.00
	Sewa Pump Water	0.084	jam		75,000.00	6,300.00
	Sewa Vibrator Roller	1	jam		15,000.00	15,000.00
	Sewa Alat Bantu	0.084	jam		15,000.00	1,260.00
		Jumlah				72,960.00
		Jumlah (A + B + C)				1,048,221.00
		Total = (Volume) x (A + B + C)				21,094,399,404.00
5	Pelapis Geotex UW 250		m2	238392		
	A. Tenaga Kerja					
	Mandor	0.0182	O.H		125,000.00	2,275.00
	Pekerja Terampil	0.0182	O.H		92,500.00	1,683.50
	Pekerja Tak Terampil	0.082	O.H		90,000.00	7,380.00
		Jumlah				11,338.50
	B. Bahan					
	Lapisan Geotex UW 250	1.1	m2		16,500.00	18,150.00
		Jumlah				18,150.00
	C. Peralatan					
	Sewa Alat Bantu	0.0387	jam		50,000.00	1,935.00
		Jumlah				1,935.00
		Jumlah (A + B + C)				31,423.50
		Total = (Volume) x (A + B + C)				7,491,111,012.00
	Total Biaya Konstruksi					46,000,930,543.85

Setelah melakukan perhitungan pada tabel diatas maka didapat hasil kesimpulan sebagai berikut :

- Total Biaya Kontruksi Perkerasan Lentur
= Rp 25.761.872.502,00
- Total Biaya Kontruksi Perkerasan Kaku
= Rp 46.000.930.543,85

5.1.2 Perhitungan Biaya Perawatan Untuk Perkerasan Lentur

❖ Biaya Pemeliharaan Berkala Konstruksi Perkerasan Lentur

Untuk menjaga konstruksi perkerasan lentur tetap bertahan selama usia rencana, maka dilakukan perawatan secara berkala direncanakan 5 tahun dengan overlay (pelapis ulang) dengan tebal 4 cm

$$\begin{aligned}\text{Volume pekerjaan} &= P \times L \times T \\ &= 4300 \times 18 \times 0.04 \\ &= 3096 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya pekerjaan} &= \text{volume} \times \text{biaya pekerjaan surface course} \\ &= 3096 \times \text{Rp } 1.011.585 \\ &= \text{Rp } 3.131.867.160\end{aligned}$$

Biaya Pekerjaan tersebut dicari nilai future-nya pada tahun ke-5, 10, 15, dan 20. Tingkat inflasi adalah 3.6 %

(Sumber : BPS Jawa Timur, 2015) dan nilai $P = \text{Rp } 3.131.867.160$

1. Tahun ke-5

$$\begin{aligned}F &= P (1+i)^n \\ &= 3.131.867.160 (1+0.036)^5 \\ &= \text{Rp } 3.737.679.942,18\end{aligned}$$
2. Tahun ke-10

$$\begin{aligned}F &= P (1+i)^n \\ &= 3.131.867.160 (1+0.036)^{10} \\ &= \text{Rp } 4.460.678.131,11\end{aligned}$$
3. Tahun ke-15

$$\begin{aligned}F &= P (1+i)^n \\ &= 3.131.867.160 (1+0.036)^{15} \\ &= \text{Rp } 5.323.529.488,13\end{aligned}$$
4. Tahun ke-20

$$\begin{aligned}F &= P (1+i)^n \\ &= 3.131.867.160 (1+0.036)^{20} \\ &= \text{Rp } 6.353.286.513,40\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan nilai future tersebut kemudian di-presentkan kembali hingga nilainya sesuai dengan keadaan saat ini. Nilai i yang digunakan adalah Suku Bunga BI rate sebesar 6.75% (Sumber: www.bi.go.id, 2016)

1. Tahun ke-5

$$\begin{aligned} P &= F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\ &= 3.737.679.942,18 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^5} \right] \\ &= \text{Rp } 2.696.265.728,08 \end{aligned}$$

2. Tahun ke-10

$$\begin{aligned} P &= F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\ &= 4.460.678.131,11 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^{10}} \right] \\ &= \text{Rp } 2.321.250.712,43 \end{aligned}$$

3. Tahun ke-15

$$\begin{aligned} P &= F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\ &= 5.323.529.488,13 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^{15}} \right] \\ &= \text{Rp } 1.998.395.341,33 \end{aligned}$$

4. Tahun ke-20

$$\begin{aligned} P &= F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\ &= 6.353.286.513,40 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^{20}} \right] \\ &= \text{Rp } 1.720.444.895,87 \end{aligned}$$

Total biaya pemeliharaan berkala pada tahun ke-5, 10, 15, dan 20 sebesar Rp 8.736.356.677,71

❖ **Biaya Pemeliharaan Rutin Konstruksi Perkerasan Lentur**

Pemeliharaan rutin dilakukan setiap tahun. Diasumsikan jalan Frontage A. Yani sisi barat mengalami kerusakan sebesar 5% setiap tahunnya, sehingga pemeliharaan rutin dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

- Pekerjaan Surface Course

$$\text{Volume} = \text{persentase rusak} \times \text{volume keseluruhan}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5\% \times P \times L \times T \\
 &= 5\% \times 4300 \times 18 \times 0.13 \\
 &= 503 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{volume} \times \text{biaya pekerjaan Surface Course} \\
 &\quad (\text{dari tabel perh.biaya lentur}) \\
 &= 503 \times \text{Rp } 1.011.585 \\
 &= \text{Rp } 508.928.413,50
 \end{aligned}$$

Total Biaya Pemeliharaan Surface didapatkan sebesar Rp 508.928.413,50 dan ditetapkan sebagai nilai P. tingkat inflasi 3.6 % (Sumber : BPS Jawa Timur, 2015). Contoh perhitungan biaya pemeliharaan rutin pada tahun pertama sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{FW}_1 &= P (1+i)^n \\
 &= 508.928.413,50 (1+0.036)^1 \\
 &= \text{Rp } 811.153.594,44
 \end{aligned}$$

Perhitungan FW biaya pemeliharaan rutin selengkapny dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Perhitungan FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Tahun	P (Rp.)	(1+i) ⁿ	FW = P (1+i) ⁿ
1	508,928,413.50	1.0360	527,249,836.39
2	508,928,413.50	1.0733	546,230,830.50
3	508,928,413.50	1.1119	565,895,140.39
4	508,928,413.50	1.1520	586,267,365.45
6	508,928,413.50	1.2364	629,238,418.27
7	508,928,413.50	1.2809	651,891,001.32
8	508,928,413.50	1.3270	675,359,077.37
9	508,928,413.50	1.3748	699,672,004.16
11	508,928,413.50	1.4756	750,955,163.37
12	508,928,413.50	1.5287	777,989,549.25
13	508,928,413.50	1.5837	805,997,173.03
14	508,928,413.50	1.6407	835,013,071.26
16	508,928,413.50	1.7610	896,216,189.33
17	508,928,413.50	1.8244	928,479,972.14
18	508,928,413.50	1.8901	961,905,251.14
19	508,928,413.50	1.9581	996,533,840.18
		Jumlah	11,834,893,883.54

Nilai Future tersebut kemudian dipresentkan kembali sehingga nilainya sesuai dengan keadaan saat ini. Nilai n yang digunakan adalah BI Rate sebesar 6.75%. Contoh perhitungan nilai present biaya pemeliharaan rutin pada tahun pertama adalah:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= FW_1 \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\
 &= 527.249.836,39 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^1} \right] \\
 &= \text{Rp } 493.910.853,76
 \end{aligned}$$

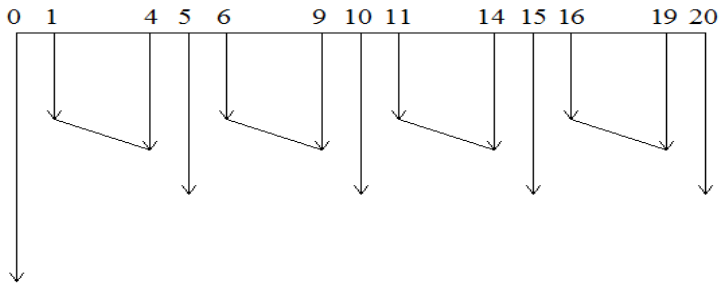
Tabel 5.4. Perhitungan P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Lentur

Tahun	$1/(1+i)^n$	F	$P = F(1/(1+i)^n)$
1	0.9368	527,249,836.39	493,910,853.76
2	0.8775	546,230,830.50	479,336,435.12
3	0.8220	565,895,140.39	465,192,081.30
4	0.7701	586,267,365.45	451,465,101.85
6	0.6758	629,238,418.27	425,214,365.64
7	0.6330	651,891,001.32	412,667,056.49
8	0.5930	675,359,077.37	400,489,995.81
9	0.5555	699,672,004.16	388,672,258.23
11	0.4875	750,955,163.37	366,072,653.34
12	0.4567	777,989,549.25	355,270,509.47
13	0.4278	805,997,173.03	344,787,117.39
14	0.4007	835,013,071.26	334,613,071.30
16	0.3517	896,216,189.33	315,156,773.50
17	0.3294	928,479,972.14	305,857,065.43
18	0.3086	961,905,251.14	296,831,774.98
19	0.2891	996,533,840.18	288,072,804.57
		Jumlah	6,123,609,918.16

Total biaya pemeliharaan perkerasan lentur adalah penjumlahan dari biaya pemeliharaan berkala dan biaya pemeliharaan rutin, sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Total Biaya} &= \text{Rp } 8.736.356.677,71 + \text{Rp } 6.123.609.918,16 \\
 &= \text{Rp. } 14.859.966.595,87
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan ilustrasi cashflow biaya konstruksi, biaya pemeliharaan berkala, dan biaya pemeliharaan rutin perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 5.1



Gambar 5.1. Ilustrasi Cashflow Perkerasan Lentur

5.1.3 Perhitungan Biaya Perawatan Untuk Perkerasan Kaku

Biaya pemeliharaan konstruksi perkerasan kaku dilakukan setiap tahun. Apabila menggunakan perkerasan kaku, diasumsikan Jalan Frontage Road A.Yani sisi barat Surabaya mengalami kerusakan 1% setiap tahunnya, sehingga untuk pemeliharaan rutin dapat dihitung dengan cara berikut.

- Volume pekerjaan = bagian rusak x volume keseluruhan

$$= 1\% \times P \times L \times T$$

$$= 1\% \times 4300 \times 18 \times 0.26$$

$$= 201,24 \text{ m}^3$$
- Biaya Pekerjaan = volume x biaya pekerjaan pelat beton (dari Tabel 5.2)

$$= 201,24 \times \text{Rp } 1.048.221,00$$

$$= \text{Rp } 210.943.994,04$$

Total Biaya Pemeliharaan Rutin didapatkan sebesar Rp 210.943.994,04 dan ditetapkan sebagai nilai P. tingkat inflasi 3.6 % (Sumber : BPS Jawa Timur, 2015). Contoh perhitungan biaya pemeliharaan rutin pada tahun pertama sebagai berikut :

$$\begin{aligned} FW_1 &= P (1+i)^n \\ &= 210.943.994,04 (1+0.036)^1 \\ &= \text{Rp } 218.537.977,83 \end{aligned}$$

Perhitungan FW biaya pemeliharaan rutin selengkapya dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Perhitungan FW Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku

Tahun	$(1+i)^n$	$F = P(1+i)^n$
1	1.0360	218,537,977.83
2	1.0733	226,405,345.03
3	1.1119	234,555,937.45
4	1.1520	242,999,951.20
5	1.1934	251,747,949.44
6	1.2364	260,810,875.62
7	1.2809	270,200,067.14
8	1.3270	279,927,269.56
9	1.3748	290,004,651.26
10	1.4243	300,444,818.71
11	1.4756	311,260,832.18
12	1.5287	322,466,222.14
13	1.5837	334,075,006.14
14	1.6407	346,101,706.36
15	1.6998	358,561,367.79
16	1.7610	371,469,577.03
17	1.8244	384,842,481.80
18	1.8901	398,696,811.15
19	1.9581	413,049,896.35
20	2.0286	427,919,692.61
	Jumlah	6,244,078,436.76

Nilai Future tersebut kemudian dipresentkan kembali sehingga nilainya sesuai dengan keadaan saat ini. Nilai n yang digunakan adalah BI Rate sebesar 6.75%. Contoh perhitungan nilai present biaya pemeliharaan rutin pada tahun pertama adalah:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= FW_1 \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\
 &= 218.537.977,83 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^1} \right] \\
 &= \text{Rp } 204.719.417,17
 \end{aligned}$$

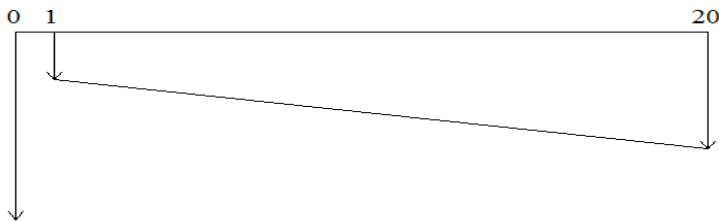
Tabel 5.6. Perhitungan P Biaya Pemeliharaan Rutin Perkerasan Kaku

Tahun	$1/(1+i)^n$	FW	$P = F(1/(1+i)^n)$
1	0.9368	218,537,977.83	204,719,417.17
2	0.8775	226,405,345.03	198,678,516.33
3	0.8220	234,555,937.45	192,815,871.59
4	0.7701	242,999,951.20	187,126,222.92
5	0.7214	251,747,949.44	181,604,465.52
6	0.6758	260,810,875.62	176,245,645.23
7	0.6330	270,200,067.14	171,044,954.06

Lanjutan Tabel 5.6

Tahun	$1/(1+i)^n$	FW	$P = F(1/(1+i)^n)$
8	0.5930	279,927,269.56	165,997,725.90
9	0.5555	290,004,651.26	161,099,432.35
10	0.5204	300,444,818.71	156,345,678.61
11	0.4875	311,260,832.18	151,732,199.57
12	0.4567	322,466,222.14	147,254,855.98
13	0.4278	334,075,006.14	142,909,630.72
14	0.4007	346,101,706.36	138,692,625.22
15	0.3754	358,561,367.79	134,600,055.95
16	0.3517	371,469,577.03	130,628,251.02
17	0.3294	384,842,481.80	126,773,646.89
18	0.3086	398,696,811.15	123,032,785.18
19	0.2891	413,049,896.35	119,402,309.55
20	0.2708	427,919,692.61	115,878,962.71
		Jumlah	3,126,583,252.48

Dari perhitungan diatas didapatkan Ilustrasi cashflow biaya konstruksi, biaya pemeliharaan rutin pekerasan kaku terlihat pada Gambar 5.2



Gambar 5.2. Ilustrasi Cashflow Perkerasan Kaku

5.2 Perhitungan Manfaat (Selisih User Cost)

Perhitungan user cost dilakukan dengan mencari biaya operasi kendaraan menggunakan metode N.D. Lea. Data yang digunakan adalah Indeks Harga Konsumen yang dimasukkan sebagai nilai i selama usia rencana 20 tahun.

Pada metode N.D. Lea, digunakan komponen dasar BOK Kendaraan Wakil untuk Jalan Datar, Lurus, dan Berkondisi Baik untuk tahun 1975 dari Tabel. Biaya dasar tersebut dikonversikan dengan Indeks Harga Konsumen tahun 2016 untuk mendapatkan biaya dasar yang sesuai dengan kondisi saat ini, selanjutnya biaya dasar ini dikalikan pula dengan Indeks Jenis Permukaan untuk

Auto, Truk, dan Bus pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, dan Tabel 5.9. Data LHR didapatkan dari Tabel 4.14.

Untuk faktor tambahan gradien kemiringan jalan yaitu untuk Auto = 1%, Bus = 3%, Truk = 6% dan biaya konversi harus dihitung lagi terhadap kondisi permukaan jalan yaitu baik (good) atau sedang (fair), dimana pada tahun 2016 kondisi permukaan jalan diasumsikan berada pada kondisi baik sedangkan pada tahun lain kondisi perkerasan adalah sedang. Contoh perhitungan BOK tahun 2016 untuk komponen bahan bakar jenis kendaraan auto dapat dilihat sebagai berikut.

5.2.1 Perhitungan BOK Eksisting (A.Yani)

- Biaya dasar 2016 = Biaya dasar fuel th 1975 x IHK
2016
= Rp 3.944 x 123,75
= Rp 488.070
- BOK th 2016 = Biaya dasar 2016 x Indeks Jenis
Permukaan
= Rp 488.070 x 84% (Fair)
= Rp 409.978,80
- BOK Auto 2016 = \sum BOK 2016 + faktor tambahan
= Rp 4.478.977,8 + 44.789,78
= Rp 4.523.767,58

Hasil Perhitungan komponen BOK selengkapnya untuk jenis kendaraan Auto dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7. BOK Auto Tahun 2016

Komponen	Biaya 1975 (Rp.)	IHK 2016	Biaya 2016 (Rp.)	Indeks Jenis Permukaan	BOK 2016/ 1000 km (Rp.)
Fuel	3,944	123.75	488,070.00	84%	409,978.80
Oil	305	123.75	37,743.75	100%	37,743.75
Tyres	738	123.75	91,327.50	300%	273,982.50
Maintenance	3,714	123.75	459,607.50	230%	1,057,097.25
Depreciation	4,995	123.75	618,131.25	110%	679,944.38
Interest	3,746	123.75	463,567.50	110%	509,924.25
Fixed cost	9,654	123.75	1,194,682.50	110%	1,314,150.75
Operation Time	1,441	123.75	178,323.75	110%	196,156.13
	Total				4,478,977.80
	Faktor Tambahan (1% x BOK 2016)				44,789.78
	BOK Auto 2016				4,523,767.58

Dalam metode N.D. Lea, BOK Sepeda Motor tidak dihitung sendiri, melainkan dimasukkan sebagai tambahan dalam perhitungan BOK Auto, diketahui bahwa BOK 1 unit sepeda motor diasumsikan sebesar 18% BOK 1 Auto. Dengan demikian, BOK Sepeda Motor dihitung dengan cara :

- Faktor penyesuaian MC dan Auto = $18\% \times \frac{LHR\ MC}{LHR\ Auto}$
 $= 18\% \times \frac{37096}{28230}$
 $= 0,237$
- Total BOK Auto 2016 = (Faktor penyesuaian x BOK Auto 2016) + BOK Auto 2016
 $= (0,237 \times 4.523.767,58) + 4.523.767,58$
 $= 5.593.780,43$
- User Cost Auto = Total BOK Auto 2016 x LHR Auto x panjang jalan x 365 hari
 $= 5.593.780,43/1000\ km \times 28230 \times 4,3km \times 365\ hari$
 $= Rp\ 247.843.545.544,51$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan BOK tahun 2016 untuk Bus yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. BOK Bus Tahun 2016

Komponen	Biaya 1975 (Rp.)	IHK 2016	Biaya 2016 (Rp.)	Indeks Jenis Permukaan	BOK 2016/ 1000 km (Rp.)
Fuel	5,278	123.75	653,152.50	92%	600,900.30
Oil	1,090	123.75	134,887.50	100%	134,887.50
Tyres	1,591	123.75	196,886.25	12%	23,626.35
Maintenance	3,612	123.75	446,985.00	273%	1,220,269.05
Depreciation	6,306	123.75	780,367.50	119%	928,637.33
Interest	4,256	123.75	526,680.00	119%	626,749.20
Fixed cost	6,381	123.75	789,648.75	119%	939,682.01
Operation Time	5,804	123.75	718,245.00	119%	854,711.55
	Total				5,329,463.29
	Faktor Tambahan (1% x BOK 2016)				53,294.63
	BOK Bus 2016				5,382,757.92

- $$\begin{aligned} \text{User Cost Bus} &= \text{Total BOK Bus 2016} \times \text{LHR Bus} \times \\ &\quad \text{panjang jalan} \times 365 \text{ hari} \\ &= 5.382.757,92/1000 \text{ km} \times 2751 \times \\ &\quad 4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari} \\ &= \text{Rp } 23.241.104.267,63 \end{aligned}$$

Perhitungan BOK tahun 2016 untuk jenis kendaraan Truk dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. BOK Truk Tahun 2016

Komponen	Biaya 1975 (Rp.)	IHK 2016	Biaya 2016 (Rp.)	Indeks Jenis Permukaan	BOK 2016/ 1000 km (Rp.)
Fuel	5,278	123.75	653,152.50	94%	613,963.35
Oil	1,080	123.75	133,650.00	100%	133,650.00
Tyres	2,193	123.75	271,383.75	121%	328,374.34
Maintenance	3,612	123.75	446,985.00	156%	697,296.60
Depreciation	6,306	123.75	780,367.50	119%	928,637.33
Interest	4,256	123.75	526,680.00	119%	626,749.20
Fixed cost	6,381	123.75	789,648.75	119%	939,682.01
Operation Time	5,804	123.75	718,245.00	119%	854,711.55
	Total				5,123,064.38
	Faktor Tambahan (1% x BOK 2016)				51,230.64
	BOK Truk 2016				5,174,295.02

- User Cost Truk = Total BOK Truk 2016 x LHR Truk x panjang jalan x 365 hari

$$= 5.174.295,02/1000 \text{ km} \times 394 \times 4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 3.199.696.076,58$$

Nilai user cost adalah total nilai user cost Auto, Bus, Truk sebesar Rp 274.284.345.888,73. Nilai ini dianggap sebagai nilai FW 2016 dan harus dikonversikan terhadap kondisi saat ini (Present Worth). Nilai i yang dipakai adalah Bi Rate sebesar 6.75%. contoh perhitungan PW dapat dilihat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{2016} &= FW_{2016} \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\ &= 274.284.345.888,73 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^1} \right] \\ &= \text{Rp } 256.940.839.240 \end{aligned}$$

5.2.2 Perhitungan BOK Setelah Ada Frontage Road

➤ BOK Frontage Road

- Biaya dasar 2016 = Biaya dasar fuel th 1975 x IHK 2016

$$= \text{Rp } 3.944 \times 123,75$$

$$= \text{Rp } 488.070$$
- BOK th 2016 = Biaya dasar 2016 x Indeks Jenis Permukaan

$$= \text{Rp } 488.070 \times 90\% \text{ (good)}$$

$$= \text{Rp } 439.263$$
- BOK Auto 2016 = \sum BOK 2016 + faktor tambahan

$$= \text{Rp } 3.605.382 \times 36.053,82$$

$$= \text{Rp } 3.641.435,82$$

Hasil Perhitungan komponen BOK selengkapnya untuk jenis kendaraan Auto dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10. BOK Auto Tahun 2016

Komponen	Biaya 1975 (Rp.)	IHK 2016	Biaya 2016 (Rp.)	Indeks Jenis Permukaan	BOK 2016/ 1000 km (Rp.)
Fuel	3,944	123.75	488,070.00	90%	439,263.00
Oil	305	123.75	37,743.75	100%	37,743.75
Tyres	738	123.75	91,327.50	100%	91,327.50
Maintenance	3,714	123.75	459,607.50	100%	459,607.50
Depreciation	4,995	123.75	618,131.25	105%	649,037.81
Interest	3,746	123.75	463,567.50	105%	486,745.88
Fixed cost	9,654	123.75	1,194,682.50	105%	1,254,416.63
Operation Time	1,441	123.75	178,323.75	105%	187,239.94
	Total				3,605,382.00
	Faktor Tambahan (1% x BOK 2016)				36,053.82
	BOK Auto 2016				3,641,435.82

Dalam metode N.D. Lea, BOK Sepeda Motor tidak dihitung sendiri, melainkan dimasukkan sebagai tambahan dalam perhitungan BOK Auto, diketahui bahwa BOK 1 unit sepeda motor diasumsikan sebesar 18% BOK 1 Auto. Dengan demikian, BOK Sepeda Motor dihitung dengan cara :

- Faktor penyesuaian MC dan Auto = $18\% \times \frac{LHR\ MC}{LHR\ Auto}$
 $= 18\% \times \frac{16693}{12704}$
 $= 0,237$
- Total BOK Auto 2016 = (Faktor penyesuaian x BOK Auto 2016) + BOK Auto 2016
 $= (0,237 \times 3.641.435,82) +$
 $3.641.435,82$
 $= 4.502.705,33$
- User Cost Auto = Total BOK Auto 2016 x LHR Auto x panjang jalan x 365 hari
 $= 4.502.705,33 / 1000 \text{ km} \times 12704 \times$
 $4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari}$
 $= \text{Rp } 89.779.117.396,95$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan BOK tahun 2016 untuk Bus yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. BOK Bus Tahun 2016

Komponen	Biaya 1975 (Rp.)	IHK 2016	Biaya 2016 (Rp.)	Indeks Jenis Permukaan	BOK 2016/ 1000 km (Rp.)
Fuel	5,278	123.75	653,152.50	100%	653,152.50
Oil	1,090	123.75	134,887.50	100%	134,887.50
Tyres	1,591	123.75	196,886.25	100%	196,886.25
Maintenance	3,612	123.75	446,985.00	100%	446,985.00
Depreciation	6,306	123.75	780,367.50	100%	780,367.50
Interest	4,256	123.75	526,680.00	100%	526,680.00
Fixed cost	6,381	123.75	789,648.75	100%	789,648.75
Operation Time	5,804	123.75	718,245.00	100%	718,245.00
Total					4,246,852.50
Faktor Tambahan (1% x BOK 2016)					42,468.53
BOK Bus 2016					4,289,321.03

- $$\begin{aligned} \text{User Cost Bus} &= \text{Total BOK Bus 2016} \times \text{LHR Bus} \times \\ &\quad \text{panjang jalan} \times 365 \text{ hari} \\ &= 4.289.321,03/1000 \text{ km} \times 1238 \times \\ &\quad 4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari} \\ &= \text{Rp } 8.334.326.613,74 \end{aligned}$$

Perhitungan BOK tahun 2016 untuk jenis kendaraan Truk dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12. BOK Truk Tahun 2016

Komponen	Biaya 1975 (Rp.)	IHK 2016	Biaya 2016 (Rp.)	Indeks Jenis Permukaan	BOK 2016/ 1000 km (Rp.)
Fuel	5,278	123.75	653,152.50	100%	653,152.50
Oil	1,080	123.75	133,650.00	100%	133,650.00
Tyres	2,193	123.75	271,383.75	100%	271,383.75
Maintenance	3,612	123.75	446,985.00	100%	446,985.00
Depreciation	6,306	123.75	780,367.50	100%	780,367.50
Interest	4,256	123.75	526,680.00	100%	526,680.00
Fixed cost	6,381	123.75	789,648.75	100%	789,648.75
Operation Time	5,804	123.75	718,245.00	100%	718,245.00
Total					4,320,112.50
Faktor Tambahan (1% x BOK 2016)					43,201.13
BOK Truk 2016					4,363,313.63

- $$\begin{aligned} \text{User Cost Truk} &= \text{Total BOK Truk 2016} \times \text{LHR Truk} \times \\ &\quad \text{panjang jalan} \times 365 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4.363.313,63/1000 \text{ km} \times 178 \times \\
 &\quad 4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari} \\
 &= \text{Rp } 1.218.983.290,73
 \end{aligned}$$

Nilai user cost adalah total nilai user cost Auto, Bus, Truk sebesar Rp 99.332.427.301,42. Nilai ini dianggap sebagai nilai FW 2016 dan harus dikonversikan terhadap kondisi saat ini (Present Worth). Nilai i yang dipakai adalah Bi Rate sebesar 6.75%. contoh perhitungan PW dapat dilihat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{2016} &= FW_{2016} \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\
 &= 99.332.427.301,42 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^1} \right] \\
 &= \text{Rp } 93.051.454.147
 \end{aligned}$$

➤ **BOK Achmad Yani**

- Biaya dasar 2016 = Biaya dasar fuel th 1975 x IHK
2016
= Rp 3.944 x 123,75
= Rp 488.070
- BOK th 2016 = Biaya dasar 2016 x Indeks Jenis
Permukaan
= Rp 488.070 x 84% (Fair)
= Rp 409.978,80
- BOK Auto 2016 = \sum BOK 2016 + faktor tambahan
= Rp 4.478.977,8 + 44.789,78
= Rp 4.523.767,58

Hasil Perhitungan komponen BOK selengkapnya untuk jenis kendaraan Auto dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Dalam metode N.D. Lea, BOK Sepeda Motor tidak dihitung sendiri, melainkan dimasukkan sebagai tambahan dalam perhitungan BOK Auto, diketahui bahwa BOK 1 unit sepeda motor diasumsikan sebesar 18% BOK 1 Auto. Dengan demikian, BOK Sepeda Motor dihitung dengan cara :

- Faktor penyesuaian MC dan Auto = $18\% \times \frac{LHR\ MC}{LHR\ Auto}$
 $= 18\% \times \frac{37096}{28230}$
 $= 0,237$
- Total BOK Auto 2016 = (Faktor penyesuaian x BOK Auto 2016) + BOK Auto 2016
 $= (0,237 \times 4.523.767,58) + 4.523.767,58$
 $= 5.593.825,38$
- User Cost Auto = Total BOK Auto 2016 x LHR Auto x panjang jalan x 365 hari
 $= 5.593.825,38 / 1000 \text{ km} \times 15526 \times 4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari}$
 $= \text{Rp } 136.310.655.624,79$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan BOK tahun 2016 untuk Bus yang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

- User Cost Bus = Total BOK Bus 2016 x LHR Bus x panjang jalan x 365 hari
 $= 5.382.757,92 / 1000 \text{ km} \times 1513 \times 4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari}$
 $= \text{Rp } 12.782.184.935,27$

Perhitungan BOK tahun 2016 untuk jenis kendaraan Truk dapat dilihat pada Tabel 5.9.

- User Cost Truk = Total BOK Truk 2016 x LHR Truk x panjang jalan x 365 hari
 $= 5.174.295,02 / 1000 \text{ km} \times 216 \times 4,3 \text{ km} \times 365 \text{ hari}$
 $= \text{Rp } 1.754.148.102,90$

Nilai user cost adalah total nilai user cost Auto, Bus, Truk sebesar Rp 150.846.988.662,96. Nilai ini dianggap sebagai nilai FW 2016 dan harus dikonversikan terhadap kondisi saat ini (Present Worth). Nilai i yang dipakai adalah Bi Rate sebesar 6.75%. contoh perhitungan PW dapat dilihat sebagai berikut :

$$P_{2016} = FW_{2016} \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

$$= 150.846.988.662,96 \left[\frac{1}{(1+0.0675)^1} \right]$$

$$= \text{Rp} 141.308.654.485$$

5.2.3 Perhitungan Manfaat BOK

Dari hasil perhitungan BOK Eksisting dan BOK setelah ada Frontage didapatkan hasil user cost tahun 2015 pada masing – masing jenis kendaraan sebagai berikut :

- a. User Cost Eksisting
 - Auto = Rp 247.843.545.544,51
 - Bus = Rp 23.241.104.267,63
 - Truk = Rp 3.199.696.076,58
- b. User Cost A.Yani
 - Auto = Rp 136.310.655.624,79
 - Bus = Rp 12.782.184.935,27
 - Truk = Rp 1.754.148.102,90
- c. User Cost Frontage
 - Auto = Rp 89.779.117.396,95
 - Bus = Rp 8.334.326.613,74
 - Truk = Rp 1.218.983.290,73
- d. Manfaar BOK
 - Auto = User Cost Eksisting – (User Cost A.Yani + User Cost Frontage)

$$= \text{Rp } 247.843.545.544,51 - (\text{Rp } 136.310.655.624,79 + \text{Rp } 89.779.117.396,95)$$

$$= \text{Rp } 21.753.772.522.77$$
 - Bus = User Cost Eksisting – (User Cost A.Yani + User Cost Frontage)

$$= \text{Rp } 23.241.104.267,63 - (\text{Rp } 12.782.184.935,27 + \text{Rp } 8.334.326.613,74)$$

$$= \text{Rp } 2.124.592.718,63$$
 - Truk = User Cost Eksisting – (User Cost A.Yani + User Cost Frontage)

$$= \text{Rp } 3.199.696.076,58 - (\text{Rp } 1.754.148.102,90 + \text{Rp } 1.218.983.290,73)$$

$$= \text{Rp } 226.564.682,95$$

➤ **Manfaat BOK Auto**

Perhitungan Manfaat BOK Rutin tiap tahun sebagai berikut :

- User Cost Tahun 2016

$$\begin{aligned} \text{Eksisting} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0586) \\ &= \text{Rp } 247.843.545.544,51 \times (1+0.0586) \\ &= \text{Rp } 262.367.177.313,42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A.Yani} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0586) \\ &= \text{Rp } 247.843.545.544,51 \times (1+0.0586) \\ &= \text{Rp } 144.298.460.044,40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Frontage} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0586) \\ &= \text{Rp } 247.843.545.544,51 \times (1+0.0586) \\ &= \text{Rp } 95.040.173.676,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Manfaat BOK} &= \text{User Cost Eksisting} - (\text{User Cost A.Yani} \\ &\quad + \text{User Cost Frontage}) \\ &= \text{Rp } 262.367.177.313,42 - (\text{Rp } 144.298.460.044,40 + \text{Rp } 95.040.173.676,41) \\ &= \text{Rp } 23.028.543.592,60 \end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya manfaat BOK auto dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13. Manfaat BOK Auto

Tahun	n	Eksisting	Do Something		Manfaat BOK
			A Yani	Frontage	
2015	0	247,843,545,544.51	136,310,655,624.79	89,779,117,396.95	21,753,772,522.77
2016	1	262,367,177,313.42	144,298,460,044.40	95,040,173,676.41	23,028,543,592.60
2017	2	277,741,893,903.99	152,754,349,803.01	100,609,527,853.85	24,378,016,247.13
2018	3	294,017,568,886.76	161,705,754,701.46	106,505,246,186.09	25,806,567,999.21
2019	4	311,246,998,423.53	171,181,711,926.97	112,746,453,612.59	27,318,832,883.97
2020	5	329,486,072,531.15	181,212,960,245.89	119,353,395,794.29	28,919,716,490.97
2021	6	348,793,956,381.47	191,832,039,716.30	126,347,504,787.84	30,614,411,877.34
2022	7	369,233,282,225.42	203,073,397,243.67	133,751,468,568.40	32,408,416,413.35
2023	8	390,870,352,563.83	214,973,498,322.15	141,589,304,626.51	34,307,549,615.17
2024	9	413,775,355,224.08	227,570,945,323.83	149,886,437,877.63	36,317,972,022.62
2025	10	438,022,591,040.21	240,906,602,719.81	158,669,783,137.26	38,446,205,183.14
2026	11	463,690,714,875.16	255,023,729,639.19	167,967,832,429.10	40,699,152,806.88
2027	12	490,862,990,766.85	269,968,120,196.04	177,810,747,409.44	43,084,123,161.36
2028	13	519,627,562,025.78	285,788,252,039.53	188,230,457,207.64	45,608,852,778.62
2029	14	550,077,737,160.49	302,535,443,609.05	199,260,762,000.00	48,281,531,551.44

Lanjutan Tabel 5.13

Tahun	n	Eksisting	Do Something		Manfaat BOK
			A Yani	Frontage	
2030	15	582,312,292,558.10	320,264,020,604.54	210,937,442,653.20	51,110,829,300.36
2031	16	616,435,792,902.00	339,031,492,211.96	223,298,376,792.68	54,105,923,897.36
2032	17	652,558,930,366.06	358,898,737,655.59	236,383,661,672.73	57,276,531,037.74
2033	18	690,798,883,685.51	379,930,203,682.20	250,235,744,246.76	60,632,935,756.55
2034	19	731,279,698,269.48	402,194,113,617.98	264,899,558,859.62	64,186,025,791.89
2035	20	774,132,688,588.08	425,762,688,675.99	280,422,673,008.79	67,947,326,903.29

➤ **Manfaat BOK Bus**

Perhitungan Manfaat BOK Rutin tiap tahun sebagai berikut :

- User Cost Tahun 2016

$$\begin{aligned}\text{Eksisting} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0457) \\ &= \text{Rp } 23.241.104.267,63 \times (1+0.0457) \\ &= \text{Rp } 24.303.222.732,67\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{A.Yani} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0457) \\ &= \text{Rp } 12.782.184.935,27 \times (1+0.0457) \\ &= \text{Rp } 13.366.330.786,81\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Frontage} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0457) \\ &= \text{Rp } 8.334.326.613,74 \times (1+0.0457) \\ &= \text{Rp } 8.715.205.339,98\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Manfaat BOK} &= \text{User Cost Eksisting} - (\text{User Cost A.Yani} \\ &\quad + \text{User Cost Frontage}) \\ &= \text{Rp } 24.303.222.732,67 - (\text{Rp } \\ &\quad 13.366.330.786,81 + \text{Rp } 8.715.205.339,98) \\ &= \text{Rp } 2.221.686.605,87\end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya manfaat BOK bus dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14. Manfaat BOK Bus

Tahun	n	Eksisting	Do Something		Manfaat BOK
			A Yani	Frontage	
2015	0	23,241,104,267.63	12,782,184,935.27	8,334,326,613.74	2,124,592,718.63
2016	1	24,303,222,732.67	13,366,330,786.81	8,715,205,339.98	2,221,686,605.87
2017	2	25,413,880,011.55	13,977,172,103.77	9,113,490,224.02	2,323,217,683.76
2018	3	26,575,294,328.08	14,615,928,868.91	9,529,976,727.26	2,429,388,731.90
2019	4	27,789,785,278.87	15,283,876,818.22	9,965,496,663.70	2,540,411,796.95
2020	5	29,059,778,466.11	15,982,349,988.81	10,420,919,861.23	2,656,508,616.07
2021	6	30,387,810,342.01	16,712,743,383.30	10,897,155,898.88	2,777,911,059.83
2022	7	31,776,533,274.64	17,476,515,755.92	11,395,155,923.46	2,904,861,595.26
2023	8	33,228,720,845.30	18,275,192,525.97	11,915,914,549.17	3,037,613,770.16
2024	9	34,747,273,387.93	19,110,368,824.40	12,460,471,844.06	3,176,432,719.46

Lanjutan Tabel 5.14

Tahun	n	Eksisting	Do Someth.ing		Manfaat BOK
			A Yani	Frontage	
2025	10	36,335,223,781.75	19,983,712,679.68	13,029,915,407.34	3,321,595,694.74
2026	11	37,995,743,508.58	20,896,968,349.14	13,625,382,541.45	3,473,392,617.99
2027	12	39,732,148,986.92	21,851,959,802.70	14,248,062,523.60	3,632,126,660.63
2028	13	41,547,908,195.63	22,850,594,365.68	14,899,198,980.92	3,798,114,849.02
2029	14	43,446,647,600.17	23,894,866,528.19	15,580,092,374.35	3,971,688,697.62
2030	15	45,432,159,395.49	24,986,861,928.53	16,292,102,595.86	4,153,194,871.10
2031	16	47,508,409,079.87	26,128,761,518.66	17,036,651,684.49	4,342,995,876.71
2032	17	49,679,543,374.82	27,322,845,920.06	17,815,226,666.47	4,541,470,788.28
2033	18	51,949,898,507.05	28,571,499,978.61	18,629,382,525.13	4,749,016,003.30
2034	19	54,324,008,868.82	29,877,217,527.63	19,480,745,306.53	4,966,046,034.65
2035	20	56,806,616,074.12	31,242,606,368.65	20,371,015,367.04	5,192,994,338.44

➤ **Manfaat BOK Truk**

Perhitungan Manfaat BOK Rutin tiap tahun sebagai berikut :

- User Cost Tahun 2016

$$\begin{aligned}
 \text{Eksisting} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0572) \\
 &= \text{Rp } 3.199.696.076,58 \times (1+0.0572) \\
 &= \text{Rp } 3.382.718.692,16
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A.Yani} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0572) \\
 &= \text{Rp } 1.754.148.102,90 \times (1+0.0572) \\
 &= \text{Rp } 1.854.485.374,38
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Frontage} &= \text{User Cost Tahun 2015} \times (1+0.0572) \\
 &= \text{Rp } 1.218.983.290,73 \times (1+0.0572) \\
 &= \text{Rp } 1.288.709.134,96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Manfaat BOK} &= \text{User Cost Eksisting} - (\text{User Cost A.Yani} \\
 &\quad + \text{User Cost Frontage}) \\
 &= \text{Rp } 3.382.718.692,16 - (\text{Rp } \\
 &\quad 1.854.485.374,38 + \text{Rp } 1.288.709.134,96) \\
 &= \text{Rp } 239.524.182,82
 \end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya manfaat BOK truk dapat dilihat pada Tabel 5.15

Tabel 5.15. Manfaat BOK Truk

Tahun	n	Eksisting	Do Something		Manfaat BOK
			A Yani	Frontage	
2015	0	3,199,696,076.58	1,754,148,102.90	1,218,983,290.73	226,564,682.95
2016	1	3,382,718,692.16	1,854,485,374.38	1,288,709,134.96	239,524,182.82
2017	2	3,576,210,201.35	1,960,561,937.80	1,362,423,297.48	253,224,966.08
2018	3	3,780,769,424.87	2,072,706,080.64	1,440,353,910.10	267,709,434.13
2019	4	3,997,029,435.97	2,191,264,868.45	1,522,742,153.75	283,022,413.77

Lanjutan Tabel 5.15

Tahun	n	Eksisting	Do Something		Manfaat BOK
			A Yani	Frontage	
2020	5	4,225,659,519.71	2,316,605,218.93	1,609,843,004.95	299,211,295.84
2021	6	4,467,367,244.24	2,449,115,037.45	1,701,926,024.83	316,326,181.96
2022	7	4,722,900,650.61	2,589,204,417.59	1,799,276,193.45	334,420,039.56
2023	8	4,993,050,567.82	2,737,306,910.28	1,902,194,791.72	353,548,865.83
2024	9	5,278,653,060.30	2,893,880,865.55	2,011,000,333.80	373,771,860.95
2025	10	5,580,592,015.35	3,059,410,851.05	2,126,029,552.90	395,151,611.40
2026	11	5,899,801,878.63	3,234,409,151.74	2,247,638,443.32	417,754,283.57
2027	12	6,237,270,546.09	3,419,417,355.21	2,376,203,362.28	441,649,828.59
2028	13	6,594,042,421.32	3,615,008,027.93	2,512,122,194.60	466,912,198.79
2029	14	6,971,221,647.82	3,821,786,487.13	2,655,815,584.13	493,619,576.56
2030	15	7,369,975,526.08	4,040,392,674.19	2,807,728,235.55	521,854,616.34
2031	16	7,791,538,126.17	4,271,503,135.16	2,968,330,290.62	551,704,700.39
2032	17	8,237,214,106.98	4,515,833,114.49	3,138,118,783.24	583,262,209.25
2033	18	8,708,382,753.90	4,774,138,768.64	3,317,619,177.64	616,624,807.62
2034	19	9,206,502,247.43	5,047,219,506.20	3,507,386,994.60	651,895,746.62
2035	20	9,733,114,175.98	5,335,920,461.96	3,708,009,530.70	689,184,183.33

➤ **Total Manfaat BOK**

Perhitungan Total Manfaat BOK Rutin tiap tahun sebagai berikut.

- Tahun 2015

$$\begin{aligned}
 \text{Total Manfaat BOK} &= \sum \text{Manfaat BOK (Auto + Bus + Truk)} \\
 &= \text{Rp } 21.753.772.522.77 + \text{Rp } 2.124.592.718,63 + \text{Rp } 226.564.682,95 \\
 &= \text{Rp } 24.104.929.924,35
 \end{aligned}$$

Suku bunga (i) = 6,75%

$$\begin{aligned}
 \text{Discount Factor} &= \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\
 &= \left[\frac{1}{(1+0.0675)^0} \right] = 1
 \end{aligned}$$

Kemudian Total Manfaat dikonversikan ke dalam Present Worth :

$$\begin{aligned}
 \text{PW}_{2015} &= \text{DF} \times \text{Total Manfaat BOK 2015} \\
 &= 1 \times \text{Rp } 24.104.929.924,35 \\
 &= \text{Rp } 24.104.929.924,35
 \end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya total manfaat dapat dilihat pada Tabel 5.16

Tabel 5.16. Total Manfaat BOK

Tahun	n	Total Manfaat BOK Auto	Total Manfaat BOK Truk	Total Manfaat BOK Bus	Total Manfaat BOK	DF	PW Total Manfaat BOK
2015	0	21,753,772,522.77	226,564,682.95	2,124,592,718.63	24,104,929,924.35	1.0000	24,104,929,924.35
2016	1	23,028,543,592.60	239,524,182.82	2,221,686,605.87	25,489,754,381.29	0.9368	23,877,990,052.73
2017	2	24,378,016,247.13	253,224,966.08	2,323,217,683.76	26,954,458,896.96	0.8775	23,653,469,407.03
2018	3	25,806,567,999.21	267,709,434.13	2,429,388,731.90	28,503,666,165.25	0.8220	23,431,337,082.75
2019	4	27,318,832,883.97	283,022,413.77	2,540,411,796.95	30,142,267,094.68	0.7701	23,211,562,651.98
2020	5	28,919,716,490.97	299,211,295.84	2,656,508,616.07	31,875,436,402.87	0.7214	22,994,116,154.96
2021	6	30,614,411,877.34	316,326,181.96	2,777,911,059.83	33,708,649,119.12	0.6758	22,778,968,091.77
2022	7	32,408,416,413.35	334,420,039.56	2,904,861,595.26	35,647,698,048.17	0.6330	22,566,089,414.25
2023	8	34,307,549,615.17	353,548,865.83	3,037,613,770.16	37,698,712,251.16	0.5930	22,355,451,518.00
2024	9	36,317,972,022.62	373,771,860.95	3,176,432,719.46	39,868,176,603.03	0.5555	22,147,026,234.59
2025	10	38,446,205,183.14	395,151,611.40	3,321,595,694.74	42,162,952,489.28	0.5204	21,940,785,823.88
2026	11	40,699,152,806.88	417,754,283.57	3,473,392,617.99	44,590,299,708.44	0.4875	21,736,702,966.49
2027	12	43,084,123,161.36	441,649,828.59	3,632,126,660.63	47,157,899,650.58	0.4567	21,534,750,756.48
2028	13	45,608,852,778.62	466,912,198.79	3,798,114,849.02	49,873,879,826.43	0.4278	21,334,902,694.04
2029	14	48,281,531,551.44	493,619,576.56	3,971,688,697.62	52,746,839,825.62	0.4007	21,137,132,678.44
2030	15	51,110,829,300.36	521,854,616.34	4,153,194,871.10	55,785,878,787.80	0.3754	20,941,415,001.07
2031	16	54,105,923,897.36	551,704,700.39	4,342,995,876.71	59,000,624,474.46	0.3517	20,747,724,338.58
2032	17	57,276,531,037.74	583,262,209.25	4,541,470,788.28	62,401,264,035.28	0.3294	20,556,035,746.19
2033	18	60,632,935,756.55	616,624,807.62	4,749,016,003.30	65,998,576,567.48	0.3086	20,366,324,651.16
2034	19	64,186,025,791.89	651,895,746.62	4,966,046,034.65	69,803,967,573.16	0.2891	20,178,566,846.26
2035	20	67,947,326,903.29	689,184,183.33	5,192,994,338.44	73,829,505,425.06	0.2708	19,992,738,483.51
Jumlah							461,588,020,518.50

5.2.4 Perhitungan Total Cost Perkerasan Jalan

➤ Perhitungan Total Cost Perkerasan Lentur

Perhitungan total cost perkerasan lentur sebagai berikut :

- Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Total Cost} &= \sum (\text{Initial Cost} + \text{Maintenance Cost}) \\ &= \text{Rp } 25.761.872.502 + 0 + 0 \\ &= \text{Rp } 25.761.872.502\end{aligned}$$

Suku bunga (i) = 6,75%

$$\begin{aligned}\text{Discount Factor} &= \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \\ &= \left[\frac{1}{(1+0.0675)^0} \right] = 1\end{aligned}$$

Kemudian Total Manfaat dikonversikan ke dalam Present Worth :

$$\begin{aligned}\text{PW}_{2015} &= \text{DF} \times \text{Total Cost } 2015 \\ &= 1 \times \text{Rp } 25.761.872.502 \\ &= \text{Rp } 25.761.872.502\end{aligned}$$

Untuk hasil selengkapnya total cost perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17. Total Cost Perkerasan Lentur

Tahun	n	Cost			Total Cost	DF	PW Total Cost
		Initial Cost	Rutin	Berkala			
2015	0	25,761,872,502.00	-	-	25,761,872,502.00	1.0000	25,761,872,502.00
2016	1		493,910,853.76		493,910,853.76	0.9368	462,679,956.68
2017	2		479,336,435.12		479,336,435.12	0.8775	420,634,290.87
2018	3		465,192,081.30		465,192,081.30	0.8220	382,409,490.83
2019	4		451,465,101.85		451,465,101.85	0.7701	347,658,338.50
2020	5		-	2,696,265,728.08	2,696,265,728.08	0.7214	1,945,016,424.32
2021	6		425,214,365.64		425,214,365.64	0.6758	287,343,003.06
2022	7		412,667,056.49		412,667,056.49	0.6330	261,230,940.70
2023	8		400,489,995.81		400,489,995.81	0.5930	237,491,790.84
2024	9		388,672,258.23		388,672,258.23	0.5555	215,909,916.96
2025	10		-	2,321,250,712.43	2,321,250,712.43	0.5204	1,207,934,020.70
2026	11		366,072,653.34		366,072,653.34	0.4875	178,451,649.39
2027	12		355,270,509.47		355,270,509.47	0.4567	162,235,000.48
2028	13		344,787,117.39		344,787,117.39	0.4278	147,492,026.39
2029	14		334,613,071.30		334,613,071.30	0.4007	134,088,808.11
2030	15		-	1,998,395,341.33	1,998,395,341.33	0.3754	750,175,978.01
2031	16		315,156,773.50		315,156,773.50	0.3517	110,825,705.97
2032	17		305,857,065.43		305,857,065.43	0.3294	100,754,509.82
2033	18		296,831,774.98		296,831,774.98	0.3086	91,598,525.46
2034	19		288,072,804.57		288,072,804.57	0.2891	83,274,583.75
2035	20		-	1,720,444,895.87	1,720,444,895.87	0.2708	465,889,683.00
Jumlah							33,754,967,145.85

5.3 Perhitungan Selisih Nilai Waktu

Pembangunan/perbaikan kondisi jalan sehingga menghasilkan nilai penghematan biaya operasi kendaraan dan penghematan nilai waktu kendaraan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Nilai Waktu = Max (K x Nilai waktu dasar); Nilai waktu minimum.

Dengan koefisien nilai K wilayah kota Surabaya = 0.74, Nilai waktu dasar (Tabel 2.) dan Nilai waktu minimum ditentukan sesuai dengan golongan masing-masing kendaraan dari referensi PT.Jasa Marga 1990 – 1996 (Tabel 2.). Berikut adalah perhitungan nilai waktu pakai sebagai berikut :

Nilai Waktu Pakai Gol I = Max (0.74 x 12.287) ; 6.000
 = Max (9.092,38 ; 6.000)
 = 9.092,38

Nilai Waktu Pakai Gol II.a = Max (0.74 x 18.534) ; 9.051
 = Max (13.715,16 ; 9.051)
 = 13.715,16

Nilai Waktu Pakai Gol II.b = Max (0.74 x 13.768) ; 6.723
 = Max (10.188,32 ; 6.000)
 = 10.188,32

Untuk Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19. Nilai Waktu Pakai

	Nilai K x Nilai Waktu Dasar	Nilai Waktu Minimum	Nilai Waktu Pakai (Rp/jam/kend)
Gol I	9,092.38	6,000.00	9,092.38
Gol II.a	13,715.16	9,051.00	13,715.16
Gol II.b	10,188.32	6,723.00	10,188.32

Perhitungan nilai waktu yang didapatkan pada tahun 1996 tersebut kemudian dikonversikan ke future dengan nilai $i = 6\%$ dan rumus perhitungan sebagai berikut :

Nilai waktu 2015 = Nilai Waktu 1996 x (F/P , 6%, n)

(F/P , 6%, n) = $(1 + i)^n$

(n = tahun sekarang – tahun referensi)

n = 2015 – 1996 = 20

(F/P , 6%, 20) = $(1 + 0,06)^{20}$
= 3,03

Gol I, Tahun 2015

Nilai Waktu = Nilai Waktu Pakai x (F/P , 6%, 20)

= 9.092 x 3,03

= 27.509,90

Gol II.a, Tahun 2015

Nilai Waktu = Nilai Waktu Pakai x (F/P , 6%, 20)

= 13.715,16 x 3,03

= 41.496,58

Gol II.a, Tahun 2015

Nilai Waktu = Nilai Waktu Pakai x (F/P , 6%, 20)

= 10.188,32 x 3,03

= 30.825,78

Untuk Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20. Nilai Waktu Pakai Pada Tiap Golongan Kendaraan

Tahun	n	(F/P,6%,n)	Nilai Waktu (Rp/jam)		
			Gol I	Gol IIa	Gol IIb
2015	19	3.03	27,509.90	41,496.58	30,825.78
2016	20	3.21	29,160.49	38,845.72	28,854.25
2017	21	3.40	30,910.12	41,176.47	30,585.50
2018	22	3.60	32,764.73	43,647.05	32,420.63
2019	23	3.82	34,730.62	46,265.88	34,365.87
2020	24	4.05	36,814.45	49,041.83	36,427.82
2021	25	4.29	39,023.32	51,984.34	38,613.49
2022	26	4.55	41,364.72	55,103.40	40,930.30
2023	27	4.82	43,846.60	58,409.60	43,386.12
2024	28	5.11	46,477.40	61,914.18	45,989.29
2025	29	5.42	49,266.04	65,629.03	48,748.64
2026	30	5.74	52,222.00	69,566.77	51,673.56
2027	31	6.09	55,355.32	73,740.78	54,773.98
2028	32	6.45	58,676.64	78,165.22	58,060.41

Lanjutan Tabel 5.20

Tahun	n	(F/P,6%,n)	Nilai Waktu (Rp/jam)		
			Gol I	Gol IIa	Gol IIb
2029	33	6.84	62,197.24	82,855.14	61,544.04
2030	34	7.25	65,929.08	87,826.45	65,236.68
2031	35	7.69	69,884.82	93,096.03	69,150.88
2032	36	8.15	74,077.91	98,681.80	73,299.93
2033	37	8.64	78,522.59	104,602.70	77,697.93
2034	38	9.15	83,233.94	110,878.86	82,359.81
2035	39	9.70	88,227.98	117,531.60	87,301.39

5.3.1 Perhitungan Kecepatan, Waktu Tempuh, dan Nilai Waktu Pakai

Perhitungan Kecepatan arus bebas dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 FV_{LV} &= (FVo + FVw) \times FFV_{SF} \times FFVcs \\
 &= (61 + 2) \times 0.91 \times 1 \\
 &= 57,33 \text{ km/jam (Termasuk Gol I)}
 \end{aligned}$$

$$FV_{HV} = FV_{HV,O} - FFV \times FV_{HV,O} / FVo$$

$$\begin{aligned}
 FFV &= FVo - FV_{LV} \\
 &= 61 - 57,33 = 3,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FV_{HV} &= 52 - 3,67 \times (52/61) \\
 &= 41,20 \text{ (Termasuk Gol II.a dan Gol II.b)}
 \end{aligned}$$

Untuk kecepatan aktual didapatkan dari Gambar 2. yaitu hubungan antara nilai DS dan kecepatan arus bebas.

➤ Eksisting A.Yani

Perhitungan nilai waktu eksisting A.Yani sebagai berikut :

- Tahun 2015

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Tempuh LV} &= \text{Panjang Jalan/Vaktual (LV)} \\
 &= 4,3 \text{ km}/33 \text{ km/jam} \\
 &= 0.1303 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Tempuh HV} &= \text{Panjang Jalan/Vaktual (HV)} \\
 &= 4,3 \text{ km}/25 \text{ km/jam} \\
 &= 0.1720 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Gol I, Tahun 2015

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (LV)} \\
 &= 27.509,90 \times 0.1303 \\
 &= 3.584,62
 \end{aligned}$$

- Gol II.a, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (HV)} \\ &= 41.496,58 \times 0.1720 \\ &= 7.137,41\end{aligned}$$

- Gol II.b, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (HV)} \\ &= 30.825,78 \times 0.1720 \\ &= 5.302,03\end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Kecepatan, Waktu Tempuh dan Nilai Waktu Pakai Eksisting

Tahun	DS	Kecepatan LV (Km/jam)		Kecepatan HV (Km/jam)		Waktu Tempuh LV (Jam)	Waktu Tempuh HV (Jam)	Nilai Waktu Pakai Gol I (Rp/jam)	Nilai Waktu Pakai Gol II.a (Rp/ jam)	Nilai Waktu Pakai Gol II.b (Rp/jam)
		V arus Bebas	V aktual	V arus Bebas	V aktual					
2015	1.00	57.33	33.00	41.20	25.00	0.1303	0.1720	3,584.62	7,137.41	5,302.03
2016	1.77	57.33	32.57	41.20	24.57	0.1320	0.1750	3,850.31	6,799.43	5,050.56
2017	1.88	57.33	32.50	41.20	24.50	0.1323	0.1755	4,089.21	7,225.86	5,367.30
2018	2.01	57.33	32.44	41.20	24.44	0.1325	0.1759	4,342.95	7,679.08	5,703.95
2019	2.15	57.33	32.38	41.20	24.38	0.1328	0.1764	4,612.45	8,160.80	6,061.76
2020	2.29	57.33	32.32	41.20	24.32	0.1331	0.1768	4,898.70	8,672.79	6,442.07
2021	2.44	57.33	32.25	41.20	24.25	0.1333	0.1773	5,202.74	9,216.98	6,846.29
2022	2.61	57.33	32.19	41.20	24.19	0.1336	0.1778	5,525.68	9,795.38	7,275.92
2023	2.78	57.33	32.13	41.20	24.13	0.1338	0.1782	5,868.68	10,410.17	7,732.58
2024	2.97	57.33	32.06	41.20	24.06	0.1341	0.1787	6,233.00	11,063.62	8,217.95
2025	3.17	57.33	32.00	41.20	24.00	0.1344	0.1792	6,619.97	11,758.18	8,733.87
2026	3.38	57.33	31.94	41.20	23.94	0.1346	0.1796	7,031.00	12,496.43	9,282.24
2027	3.61	57.33	31.87	41.20	23.87	0.1349	0.1801	7,467.58	13,281.14	9,865.11
2028	3.85	57.33	31.81	41.20	23.81	0.1352	0.1806	7,931.30	14,115.24	10,484.67
2029	4.11	57.33	31.75	41.20	23.75	0.1354	0.1811	8,423.86	15,001.84	11,143.23
2030	4.38	57.33	31.69	41.20	23.69	0.1357	0.1815	8,947.04	15,944.25	11,843.24
2031	4.68	57.33	31.62	41.20	23.62	0.1360	0.1820	9,502.77	16,946.00	12,587.33
2032	4.99	57.33	31.56	41.20	23.56	0.1362	0.1825	10,093.06	18,010.82	13,378.27
2033	5.33	57.33	31.50	41.20	23.50	0.1365	0.1830	10,720.06	19,142.71	14,219.03
2034	5.69	57.33	31.43	41.20	23.43	0.1368	0.1835	11,386.07	20,345.89	15,112.74
2035	6.07	57.33	31.37	41.20	23.37	0.1371	0.1840	12,093.50	21,624.87	16,062.76

➤ **A.Yani Setelah Ada Frontage**

Perhitungan nilai waktu A.Yani setelah ada frontage sebagai berikut :

- Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Waktu Tempuh LV} &= \text{Panjang Jalan/Vaktual (LV)} \\ &= 4,3 \text{ km}/51,9 \text{ km/jam} \\ &= 0.0829 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu Tempuh HV} &= \text{Panjang Jalan/Vaktual (HV)} \\ &= 4,3 \text{ km}/36 \text{ km/jam} \\ &= 0.1194 \text{ jam}\end{aligned}$$

- Gol I, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (LV)} \\ &= 27.509,90 \times 0.0829 \\ &= 2.279,24\end{aligned}$$

- Gol II.a, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (HV)} \\ &= 41.496,58 \times 0.1194 \\ &= 4.956,54\end{aligned}$$

- Gol II.b, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (HV)} \\ &= 30.825,78 \times 0.1194 \\ &= 3.681,97\end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22. Kecepatan, Waktu Tempuh dan Nilai Waktu Pakai A.Yani

Tahun	DS	Kecepatan LV (Km/jam)		Kecepatan HV (Km/jam)		Waktu Tempuh LV (Jam)	Waktu Tempuh HV (Jam)	Nilai Waktu Pakai Gol I (Rp/jam)	Nilai Waktu Pakai Gol II.a (Rp/ jam)	Nilai Waktu Pakai Gol II.b (Rp/jam)
		V arus Bebas	V aktual	V arus Bebas	V aktual					
2015	0.00	57.33	51.9	41.20	36	0.0829	0.1194	2,279.24	4,956.54	3,681.97
2016	0.97	57.33	50.90	41.20	35.00	0.0845	0.1229	2,463.46	4,772.47	3,544.95
2017	1.04	57.33	50.84	41.20	34.94	0.0846	0.1231	2,614.49	5,067.91	3,764.40
2018	1.11	57.33	50.77	41.20	34.87	0.0847	0.1233	2,774.79	5,381.65	3,997.44
2019	1.18	57.33	50.71	41.20	34.81	0.0848	0.1235	2,944.92	5,714.84	4,244.93
2020	1.26	57.33	50.65	41.20	34.75	0.0849	0.1237	3,125.48	6,068.69	4,507.76
2021	1.34	57.33	50.59	41.20	34.69	0.0850	0.1240	3,317.13	6,444.46	4,786.89
2022	1.43	57.33	50.52	41.20	34.62	0.0851	0.1242	3,520.53	6,843.53	5,083.31
2023	1.53	57.33	50.46	41.20	34.56	0.0852	0.1244	3,736.41	7,267.34	5,398.11
2024	1.63	57.33	50.40	41.20	34.50	0.0853	0.1246	3,965.54	7,717.42	5,732.43
2025	1.74	57.33	50.33	41.20	34.43	0.0854	0.1249	4,208.72	8,195.41	6,087.48
2026	1.86	57.33	50.27	41.20	34.37	0.0855	0.1251	4,466.83	8,703.04	6,464.54
2027	1.98	57.33	50.21	41.20	34.31	0.0856	0.1253	4,740.78	9,242.15	6,864.99
2028	2.12	57.33	50.15	41.20	34.25	0.0858	0.1256	5,031.54	9,814.70	7,290.27
2029	2.26	57.33	50.08	41.20	34.18	0.0859	0.1258	5,340.14	10,422.75	7,741.92
2030	2.41	57.33	50.02	41.20	34.12	0.0860	0.1260	5,667.68	11,068.52	8,221.59
2031	2.57	57.33	49.96	41.20	34.06	0.0861	0.1263	6,015.31	11,754.34	8,731.02
2032	2.75	57.33	49.89	41.20	33.99	0.0862	0.1265	6,384.29	12,482.71	9,272.04
2033	2.93	57.33	49.83	41.20	33.93	0.0863	0.1267	6,775.91	13,256.26	9,846.63
2034	3.13	57.33	49.77	41.20	33.87	0.0864	0.1270	7,191.57	14,077.81	10,456.87
2035	3.34	57.33	49.70	41.20	33.80	0.0865	0.1272	7,632.74	14,950.33	11,104.97

➤ **Frontage Road**

Perhitungan nilai waktu A.Yani setelah ada frontage sebagai berikut :

- Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Waktu Tempuh LV} &= \text{Panjang Jalan/Vaktual (LV)} \\ &= 4,3 \text{ km}/52,75 \text{ km/jam} \\ &= 0.0815 \text{ jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu Tempuh HV} &= \text{Panjang Jalan/Vaktual (HV)} \\ &= 4,3 \text{ km}/41,25 \text{ km/jam} \\ &= 0.1042 \text{ jam}\end{aligned}$$

- Gol I, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (LV)} \\ &= 27.509,90 \times 0.0815 \\ &= 2.242,56\end{aligned}$$

- Gol II.a, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (HV)} \\ &= 41.496,58 \times 0.1042 \\ &= 4.325,58\end{aligned}$$

- Gol II.b, Tahun 2015

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu Pakai} &= \text{Nilai Waktu} \times \text{Waktu Tempuh (HV)} \\ &= 30.825,78 \times 0.1042 \\ &= 3.213,26\end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23. Kecepatan, Waktu Tempuh dan Nilai Waktu Pakai Frontage Road

Tahun	DS	Kecepatan LV (Km/jam)		Kecepatan HV (Km/jam)		Waktu Tempuh LV (Jam)	Waktu Tempuh HV (Jam)	Nilai Waktu Pakai Gol I (Rp/jam)	Nilai Waktu Pakai Gol II.a (Rp/ jam)	Nilai Waktu Pakai Gol II.b (Rp/jam)
		V arus Bebas	V aktual	V arus Bebas	V aktual					
2015	0.00	57.33	52.75	41.20	41.25	0.0815	0.1042	2,242.56	4,325.58	3,213.26
2016	0.16	57.33	53.75	41.20	40.25	0.0800	0.1068	2,332.89	4,149.86	3,082.48
2017	0.17	57.33	53.81	41.20	40.19	0.0799	0.1070	2,469.98	4,405.72	3,272.53
2018	0.18	57.33	53.87	41.20	40.13	0.0798	0.1072	2,615.13	4,677.37	3,474.31
2019	0.20	57.33	53.94	41.20	40.06	0.0797	0.1073	2,768.81	4,965.78	3,688.54
2020	0.21	57.33	54	41.20	40	0.0796	0.1075	2,931.52	5,272.00	3,915.99
2021	0.22	57.33	53.90	41.20	38.45	0.0798	0.1118	3,113.13	5,813.36	4,318.11
2022	0.24	57.33	53.96	41.20	38.39	0.0797	0.1120	3,296.08	6,172.25	4,584.69
2023	0.25	57.33	54.03	41.20	38.33	0.0796	0.1122	3,489.78	6,553.32	4,867.75
2024	0.27	57.33	54.09	41.20	38.26	0.0795	0.1124	3,694.86	6,957.94	5,168.29
2025	0.29	57.33	53.8	41.20	38.2	0.0799	0.1126	3,937.62	7,387.56	5,487.41
2026	0.31	57.33	52.21	41.20	37.15	0.0824	0.1157	4,300.85	8,051.73	5,980.75
2027	0.33	57.33	52.27	41.20	37.09	0.0823	0.1159	4,553.41	8,549.32	6,350.36
2028	0.35	57.33	52.34	41.20	37.03	0.0822	0.1161	4,820.81	9,077.69	6,742.82
2029	0.38	57.33	52.40	41.20	36.96	0.0821	0.1163	5,103.91	9,638.75	7,159.57
2030	0.40	57.33	52	41.20	36.9	0.0827	0.1165	5,451.83	10,234.52	7,602.11
2031	0.43	57.33	48.87	41.20	36.05	0.0880	0.1193	6,149.61	11,103.68	8,247.71
2032	0.46	57.33	48.93	41.20	35.99	0.0879	0.1195	6,510.19	11,790.52	8,757.89
2033	0.49	57.33	48.99	41.20	35.93	0.0878	0.1197	6,891.92	12,519.89	9,299.66
2034	0.52	57.33	49.05	41.20	35.86	0.0877	0.1199	7,296.04	13,294.42	9,874.97
2035	0.55	57.33	48.5	41.20	35.8	0.0887	0.1201	7,822.27	14,116.92	10,485.92

5.3.2 Perhitungan Nilai Waktu

➤ Eksisting A.Yani

Perhitungan nilai waktu pada jalan eksisting A.Yani sebagai berikut :

$$\text{Nilai Waktu} = \text{Nilai Waktu pakai} \times \text{LHR} \times 365$$

a. Tahun 2015 - Gol I

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 3.584,62 \times 2074 \times 365 \\ &= \text{Rp } 2.713.595.749,10\end{aligned}$$

b. Tahun 2015 - Gol IIa

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 7.137,41 \times 17 \times 365 \\ &= \text{Rp } 44.027.125,79\end{aligned}$$

c. Tahun 2015 - Gol IIb

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 5.302,03 \times 36 \times 365 \\ &= \text{Rp } 70.442.816,52\end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai waktu pada eksisting A.Yani selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24. Perhitungan Nilai Waktu pada eksisting A.Yani

Tahun	n	Nilai Waktu Rp/jam		
		Gol I	Gol II.a	Gol II.b
2015	0	2,713,595,749.10	44,027,125.79	70,442,816.52
2016	1	3,085,524,797.94	44,341,404.00	70,168,245.78
2017	2	3,469,001,716.58	49,817,660.76	77,976,630.28
2018	3	3,900,155,063.79	55,970,659.54	86,654,577.79
2019	4	4,384,914,459.72	62,884,083.56	96,298,999.66
2020	5	4,929,947,281.44	70,651,970.84	107,017,616.53
2021	6	5,542,750,489.48	79,379,996.35	118,930,164.98
2022	7	6,231,753,888.19	89,186,913.03	132,169,739.05
2023	8	7,006,436,244.47	100,206,171.48	146,884,281.60
2024	9	7,877,455,866.41	112,587,740.25	163,238,242.35
2025	10	8,856,797,443.52	126,500,151.80	181,414,421.26
2026	11	9,957,937,174.30	142,132,802.15	201,616,017.90
2027	12	11,196,028,459.74	159,698,535.41	224,068,909.93
2028	13	12,588,110,725.17	179,436,548.98	249,024,186.32
2029	14	14,153,344,252.27	201,615,658.70	276,760,963.75
2030	15	15,913,274,262.54	226,537,969.08	307,589,517.97
2031	16	17,892,127,897.18	254,542,998.53	341,854,765.31
2032	17	20,117,148,193.13	286,012,316.29	379,940,133.56
2033	18	22,618,969,666.12	321,374,754.37	422,271,865.80
2034	19	25,432,040,686.04	361,112,266.10	469,323,805.65
2035	20	28,595,098,477.25	405,766,511.38	521,622,717.88

➤ **A.Yani Setelah Ada Frontage**

Perhitungan nilai waktu pada jalan A.Yani setelah ada Frontage sebagai berikut :

$$\text{Nilai Waktu} = \text{Nilai Waktu pakai} \times \text{LHR} \times 365$$

a. Tahun 2015 - Gol I

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 2.279,24 \times 1141 \times 365 \\ &= \text{Rp } 948.974.235,96\end{aligned}$$

b. Tahun 2015 - Gol IIa

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 4.956,54 \times 9 \times 365 \\ &= \text{Rp } 16.815.916,10\end{aligned}$$

c. Tahun 2015 - Gol IIb

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 3.681,97 \times 20 \times 365 \\ &= \text{Rp } 26.905.242,42\end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai waktu pada jalan A.Yani selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25. Perhitungan Nilai Waktu pada A.Yani

Tahun	n	Nilai Waktu Rp/jam		
		Gol I	Gol IIa	Gol IIb
2015	0	948,974,235.96	16,815,916.10	26,905,242.42
2016	1	1,085,779,786.21	17,117,605.80	27,087,829.04
2017	2	1,219,874,914.18	19,216,994.05	30,079,221.24
2018	3	1,370,533,580.61	21,573,943.65	33,401,088.95
2019	4	1,539,802,055.67	24,220,063.57	37,089,956.01
2020	5	1,729,979,448.17	27,190,843.26	41,186,384.51
2021	6	1,943,648,951.64	30,526,129.22	45,735,421.41
2022	7	2,183,712,952.48	34,270,660.05	50,787,094.68
2023	8	2,453,432,477.62	38,474,667.34	56,396,964.26
2024	9	2,756,471,518.14	43,194,550.29	62,626,734.07
2025	10	3,096,946,831.73	48,493,633.27	69,544,931.68
2026	11	3,479,483,901.21	54,443,016.45	77,227,663.23
2027	12	3,909,279,810.28	61,122,530.94	85,759,451.98
2028	13	4,392,173,891.80	68,621,811.32	95,234,169.55
2029	14	4,934,727,109.31	77,041,499.96	105,756,070.31
2030	15	5,544,311,251.82	86,494,599.30	117,440,940.31
2031	16	6,229,209,155.06	97,107,990.40	130,417,373.33
2032	17	6,998,727,312.60	109,024,138.04	144,828,188.20
2033	18	7,863,322,408.76	122,403,005.46	160,832,003.12
2034	19	8,834,743,494.76	137,424,204.37	178,604,984.20
2035	20	9,926,191,742.39	154,289,409.25	198,342,787.64

➤ **Frontage Road**

Perhitungan nilai waktu pada jalan Frontage Road sebagai berikut :

$$\text{Nilai Waktu} = \text{Nilai Waktu pakai} \times \text{LHR} \times 365$$

- a. Tahun 2015 - Gol I

$$\begin{aligned} \text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 2.242,56 \times 933 \times 365 \\ &= \text{Rp } 763.938.834,08 \end{aligned}$$

- b. Tahun 2015 - Gol IIa

$$\begin{aligned} \text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 4.325,58 \times 8 \times 365 \\ &= \text{Rp } 12.007.063,93 \end{aligned}$$

- c. Tahun 2015 - Gol IIb

$$\begin{aligned} \text{Nilai Waktu} &= \text{Rp } 3.213,26 \times 16 \times 365 \\ &= \text{Rp } 19.211.142,81 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan nilai waktu pada jalan Frontage Road selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26. Perhitungan Nilai Waktu pada Frontage Road

Tahun	n	Nilai Waktu Rp/jam		
		Gol I	Gol II.a	Gol II.b
2015	0	763,938,834.08	12,007,063.93	19,211,142.81
2016	1	841,279,220.55	12,178,186.58	19,271,423.81
2017	2	942,911,930.83	13,668,576.78	21,394,612.71
2018	3	1,056,823,665.55	15,341,408.87	23,751,789.23
2019	4	1,184,498,074.50	17,219,021.59	26,368,748.02
2020	5	1,327,598,089.25	19,326,489.58	29,274,128.18
2021	6	1,492,461,543.98	22,530,056.51	33,755,397.60
2022	7	1,672,764,311.52	25,289,241.80	37,477,163.14
2023	8	1,874,851,147.80	28,386,426.24	41,609,411.51
2024	9	2,101,354,217.78	31,863,025.92	46,197,430.88
2025	10	2,370,646,929.27	35,765,533.20	51,291,507.67
2026	11	2,741,063,176.34	41,210,690.36	58,457,549.27
2027	12	3,072,086,887.34	46,260,402.61	64,906,781.77
2028	13	3,443,090,347.20	51,929,052.28	72,067,759.12
2029	14	3,858,902,608.94	58,292,523.85	80,019,057.96
2030	15	4,363,496,018.87	65,436,008.38	88,847,932.91
2031	16	5,210,410,657.97	75,053,934.18	100,798,470.99
2032	17	5,839,151,930.21	84,255,173.14	111,924,976.35
2033	18	6,543,771,987.76	94,584,775.96	124,280,110.00
2034	19	7,333,429,176.08	106,181,158.33	137,999,591.80
2035	20	8,323,097,146.24	119,199,720.62	153,234,139.58

➤ **Total Nilai Waktu**

Perhitungan total nilai waktu dapat dihitung sebagai berikut ;

- Tahun 2015

Eksisting

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Nilai Waktu (Gol I + Gol II.a + Gol II.b)} \\ &= \text{Rp } 2.713.595.749,10 + \text{Rp } 44.027.125,79 + \\ &\quad \text{Rp } 70.442.816,52 \\ &= \text{Rp } 2.828.065.691,41\end{aligned}$$

A.Yani

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Nilai Waktu (Gol I + Gol II.a + Gol II.b)} \\ &= \text{Rp } 2.713.595.749,10 + \text{Rp } 44.027.125,79 + \\ &\quad \text{Rp } 70.442.816,52 \\ &= \text{Rp } 2.828.065.691,41\end{aligned}$$

Frontage

$$\begin{aligned}\text{Nilai Waktu} &= \text{Nilai Waktu (Gol I + Gol II.a + Gol II.b)} \\ &= \text{Rp } 2.713.595.749,10 + \text{Rp } 44.027.125,79 + \\ &\quad \text{Rp } 70.442.816,52 \\ &= \text{Rp } 2.828.065.691,41\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Nilai Waktu} &= \text{Nilai Waktu Eks} - \sum \text{Nilai Waktu (} \\ &\quad \text{A.Yani + Frontage)} \\ &= \text{Rp } 2.828.065.691,41 - (\text{Rp } \\ &\quad 2.828.065.691,41 + \text{Rp } \\ &\quad 2.828.065.691,41) \\ &= \text{Rp } 1.040.213.256,12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{PW Total Nilai Waktu} &= \text{DF} \times \text{Total Nilai Waktu} \\ &= 1 \times \text{Rp } 1.040.213.256,12 \\ &= \text{Rp } 1.040.213.256,12\end{aligned}$$

Tabel 5.27. Total Nilai Waktu

Tahun	n	Eksisting	Do Something		Total Nilai Waktu (Rp/jam)	DF	PW Total Nilai Waktu
			A Yani	Frontage			
2015	0	2,828,065,691.41	992,695,394.48	795,157,040.81	1,040,213,256.12	1.000	1,040,213,256.12
2016	1	3,200,034,447.73	1,129,985,221.04	872,728,830.94	1,197,320,395.75	0.937	1,121,611,611.95
2017	2	3,596,796,007.62	1,269,171,129.47	977,975,120.32	1,349,649,757.83	0.878	1,184,364,315.34
2018	3	4,042,780,301.13	1,425,508,613.21	1,095,916,863.66	1,521,354,824.26	0.822	1,250,624,305.76
2019	4	4,544,097,542.95	1,601,112,075.25	1,228,085,844.11	1,714,899,623.59	0.770	1,320,587,463.77
2020	5	5,107,616,868.82	1,798,356,675.94	1,376,198,707.02	1,933,061,485.86	0.721	1,394,460,605.30
2021	6	5,741,060,650.80	2,019,910,502.27	1,548,746,998.09	2,172,403,150.45	0.676	1,468,023,885.25
2022	7	6,453,110,540.27	2,268,770,707.21	1,735,530,716.46	2,448,809,116.60	0.633	1,550,171,498.00
2023	8	7,253,526,697.55	2,548,304,109.22	1,944,846,985.56	2,760,375,602.77	0.593	1,636,911,164.18
2024	9	8,153,281,849.01	2,862,292,802.51	2,179,414,674.58	3,111,574,371.92	0.556	1,728,499,397.70
2025	10	9,164,712,016.59	3,214,985,396.68	2,457,703,970.15	3,492,022,649.76	0.520	1,817,181,115.82
2026	11	10,301,685,994.35	3,611,154,580.88	2,840,731,415.97	3,849,799,997.49	0.487	1,876,685,278.48
2027	12	11,579,795,905.09	4,056,161,793.20	3,183,254,071.72	4,340,380,040.17	0.457	1,982,043,370.17
2028	13	13,016,571,460.47	4,556,029,872.68	3,567,087,158.60	4,893,454,429.19	0.428	2,093,307,648.17
2029	14	14,631,720,874.72	5,117,524,679.59	3,997,214,190.75	5,516,982,004.38	0.401	2,210,808,855.98
2030	15	16,447,401,749.59	5,748,246,791.43	4,517,779,960.16	6,181,374,998.00	0.375	2,320,421,259.34
2031	16	18,488,525,661.02	6,456,734,518.78	5,386,263,063.14	6,645,528,079.10	0.352	2,336,917,378.38
2032	17	20,783,100,642.98	7,252,579,638.84	6,035,332,079.70	7,495,188,924.45	0.329	2,469,042,475.94
2033	18	23,362,616,286.28	8,146,557,417.34	6,762,636,873.72	8,453,421,995.22	0.309	2,608,618,938.80
2034	19	26,262,476,757.79	9,150,772,683.33	7,577,609,926.22	9,534,094,148.23	0.289	2,756,066,206.22
2035	20	29,522,487,706.50	10,278,823,939.28	8,595,531,006.44	10,648,132,760.78	0.271	2,883,472,297.40
Jumlah							39,050,032,328.07

5.4 Perbandingan Evaluasi Ekonomi

Penilaian terhadap sebuah proyek dilakukan dengan cara evaluasi ekonomi, yang berfungsi untuk mengetahui kelayakan proyek tersebut secara umum. Metode evaluasi yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah Benefit Cost Ratio sebagai parameter kelayakan. Metode BCR membandingkan biaya konstruksi (Cost) dengan nilai penghematan yang dihasilkan. Untuk mengetahui perbandingan ekonominya, selain itu juga NPV digunakan untuk membandingkan ekonominya. Adapaun perhitungannya sebagai berikut :

Tabel 5.28. Evaluasi Ekonomi

	Perkerasan Lentur (Rp.)	Perkerasan Kaku (Rp.)	Manfaat BOK (Rp.)	Nilai Waktu (Rp.)
Initial Cost	25,761,872,502.00	46,000,930,543.85		
Maintenece Cost	14,859,966,595.87	3,126,583,252.48		
Total Cost	33,754,967,145.85	47,797,333,536.50		
	Total		461,588,020,518.50	39,050,032,328.07

Tabel 5.29. Analisis BCR dan NPV

BCR		NPV	
Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku	Perkerasan Lentur (Rp)	Perkerasan Kaku (Rp)
14.83	18.47	427,833,053,372.65	413,790,686,982.00

➤ Analisis BCR

$$\begin{aligned}
 \text{Perkerasan Lentur} &= (\text{Total Manfaat BOK} + \text{Total Nilai Waktu}) / \text{Total Cost Perkerasan Lentur} \\
 &= (\text{Rp } 461.588.020.518,5 + \text{Rp } 39.050.032.328,07) / \text{Rp } 33.754.967.145,85 \\
 &= 14,83
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perkerasan Kaku} &= (\text{Total Manfaat BOK} + \text{Total Nilai Waktu}) / \text{Total Cost Perkerasan Kaku} \\
 &= (\text{Rp } 461.588.020.518,5 + \text{Rp } 39.050.032.328,07) / \text{Rp } 47.797.333.536,50 \\
 &= 18,47
 \end{aligned}$$

➤ Analisis NPV

Perkerasan Lentur = Total Manfaat BOK + Total Cost
Perkerasan Lentur

$$= \text{Rp } 461.588.020.518,50 + \text{Rp } 33.754.967.145,85$$

$$= \text{Rp } 427.833.053.372,65$$

Perkerasan Lentur = Total Manfaat BOK + Total Cost
Perkerasan Lentur

$$= \text{Rp } 461.588.020.518,50 + \text{Rp } 47.797.333.536,5$$

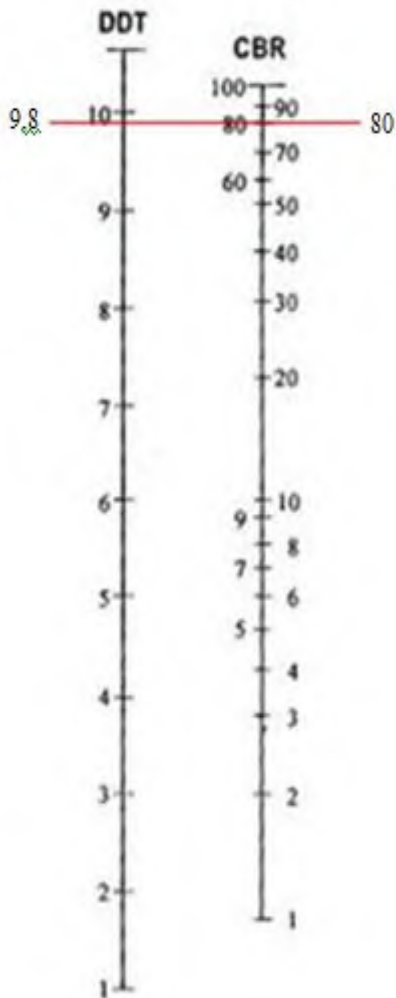
$$= \text{Rp } 413.790.686.982$$

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai BCR dan nilai NPV sebagai berikut :

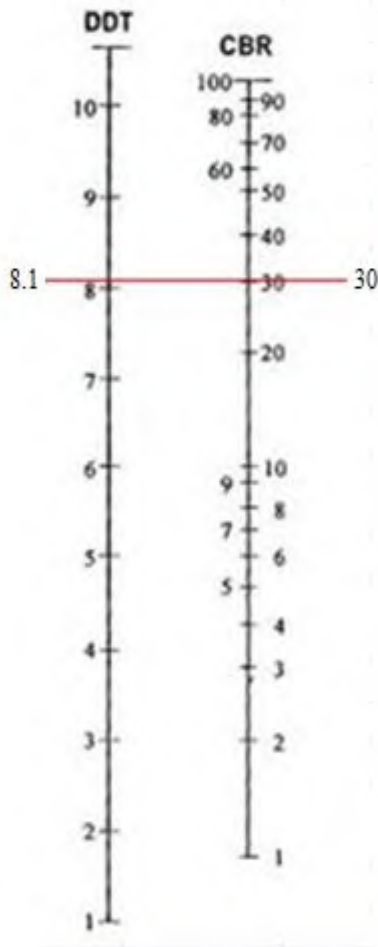
BCR Perkerasan Lentur dan BCR Perkerasan Kaku > 1 , maka Proyek tersebut layak untuk diteruskan.

NPV Perkerasan Lentur dan NPV Perkerasan Kaku > 0 , maka Proyek tersebut layak untuk diteruskan.

Lampiran 1

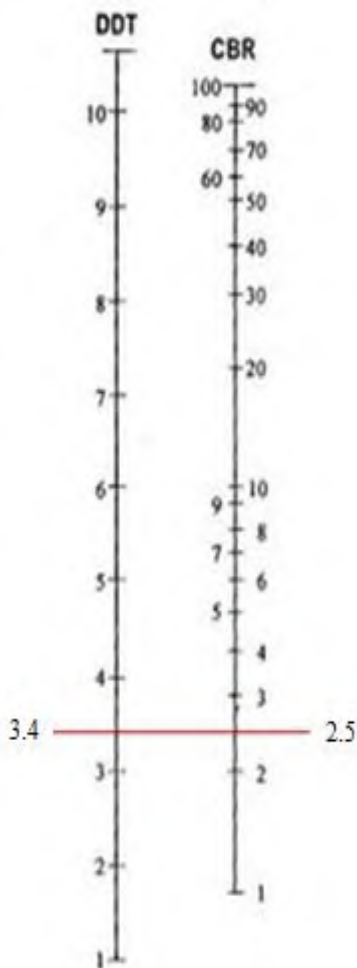


Gambar 1. Korelasi antara DDT dan CBR untuk Lapis D1

Lampiran 2

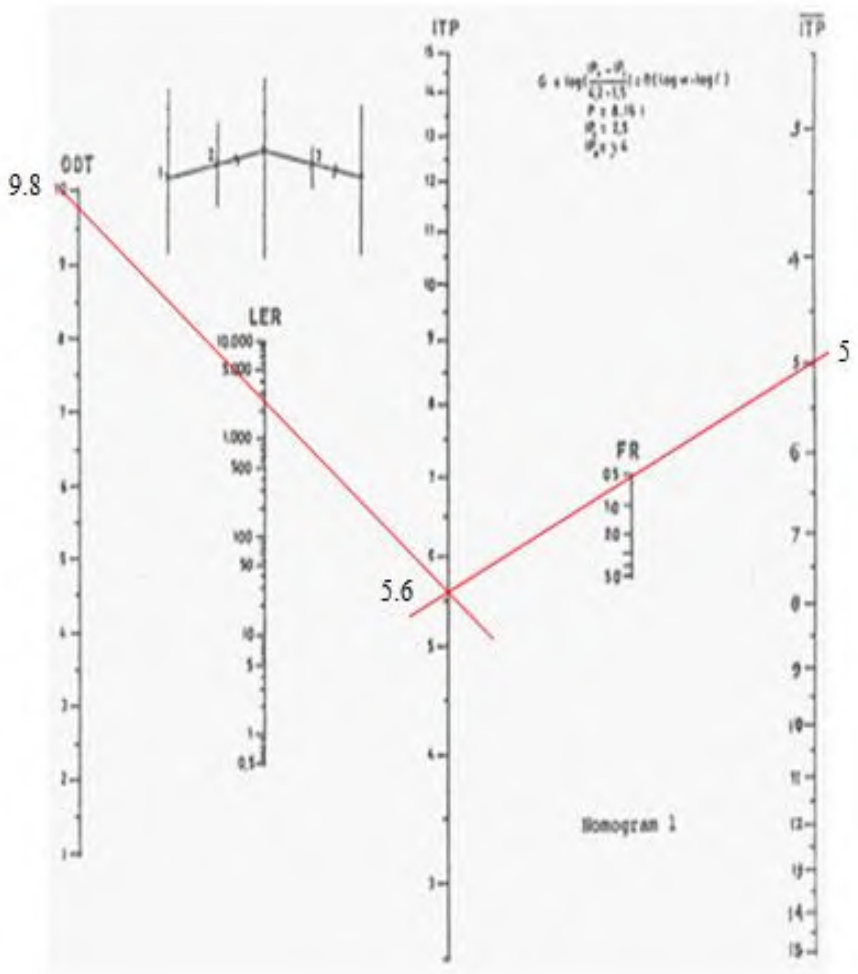
Gambar 2. Korelasi antara DDT dan CBR untuk Lapis D2

Lampiran 3



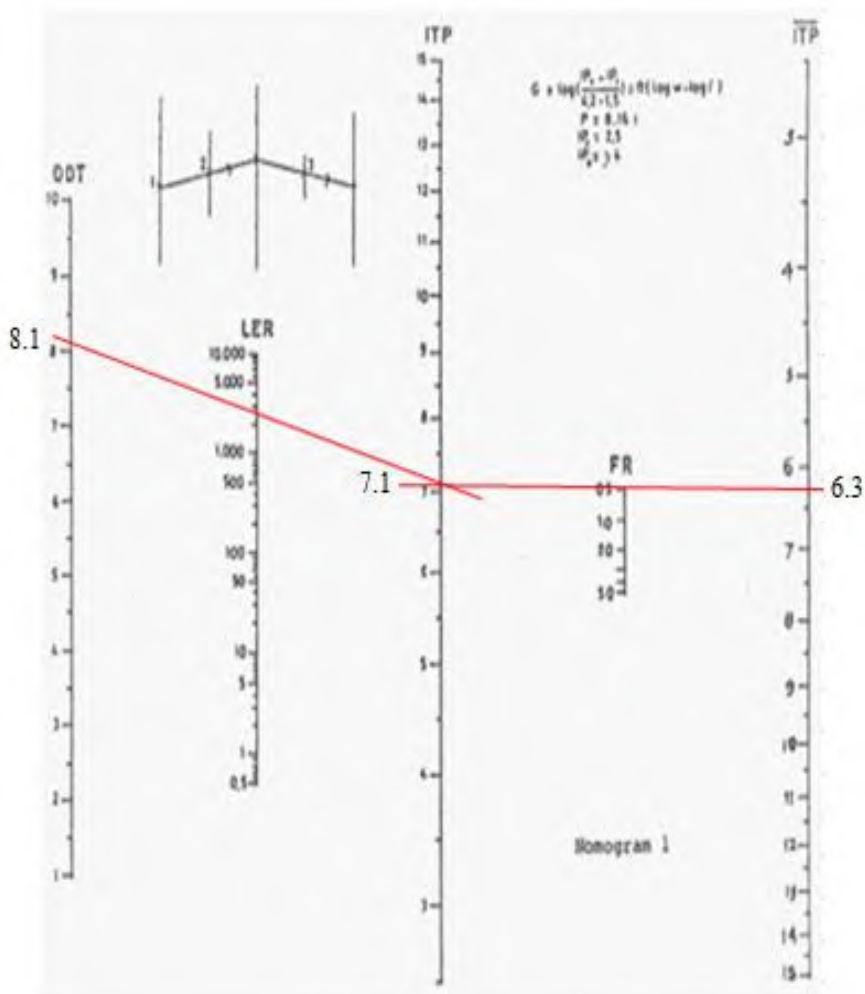
Gambar 3. Korelasi antara DDT dan CBR untuk Lapis D3

Lampiran 4



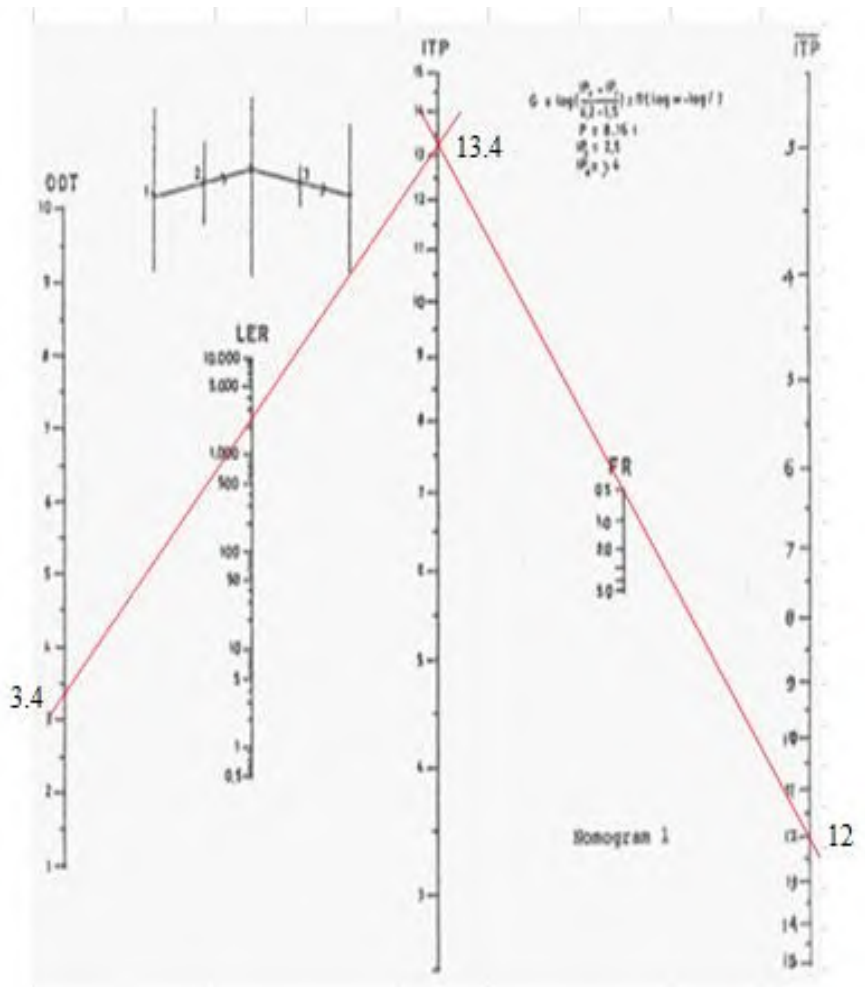
Gambar 4. Nomogram Untuk mencari nilai ITP rata-rata 1

Lampiran 5



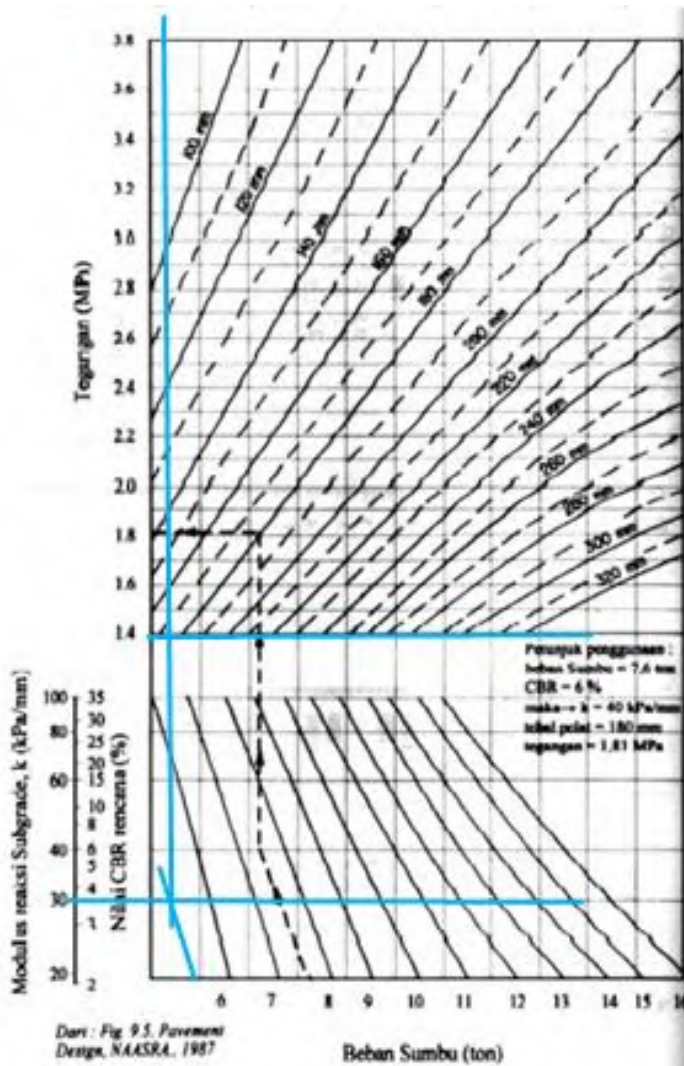
Gambar 5. Nomogram Untuk mencari nilai ITP rata-rata 2

Lampiran 6



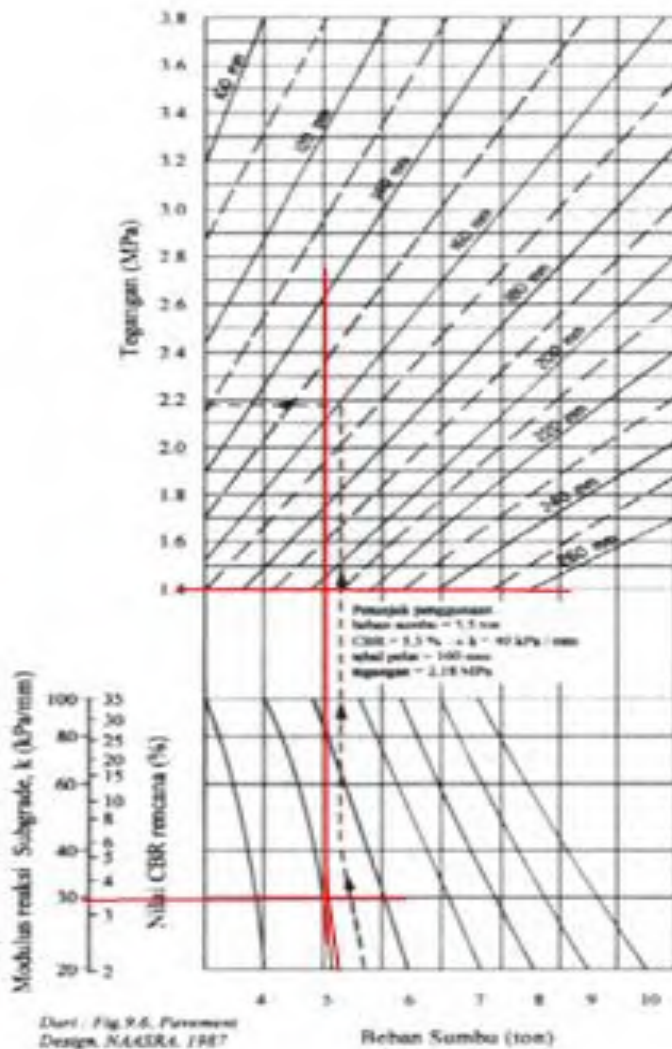
Gambar 6. Nomogram Untuk mencari nilai ITP rata-rata 3

Lampiran 7



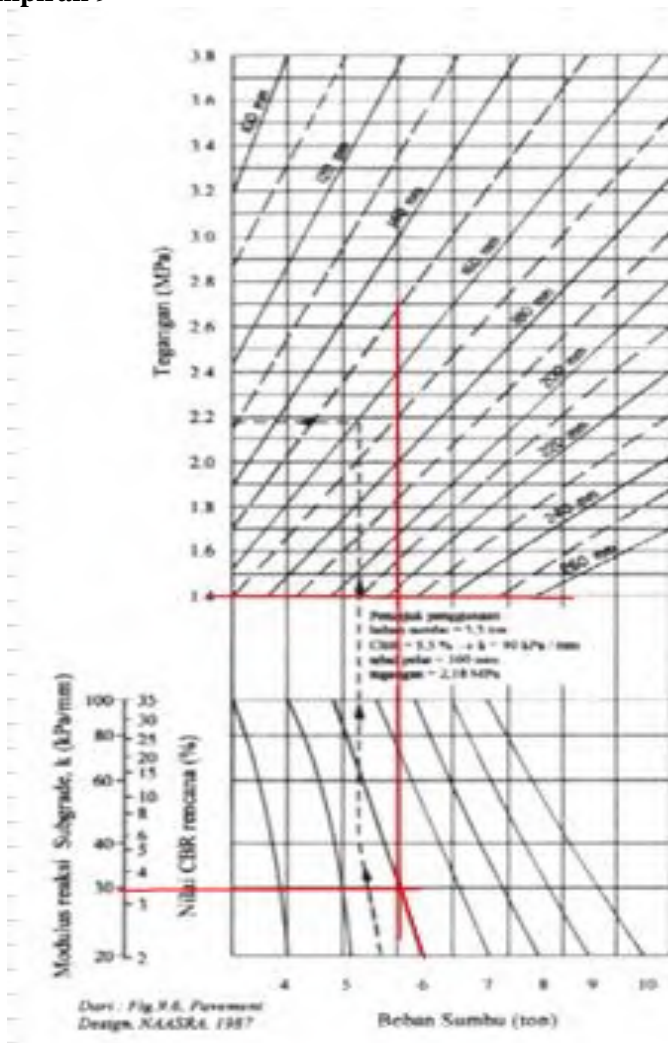
Gambar 7. STRG Sumbu 1 untuk tebal = 26 cm

Lampiran 8



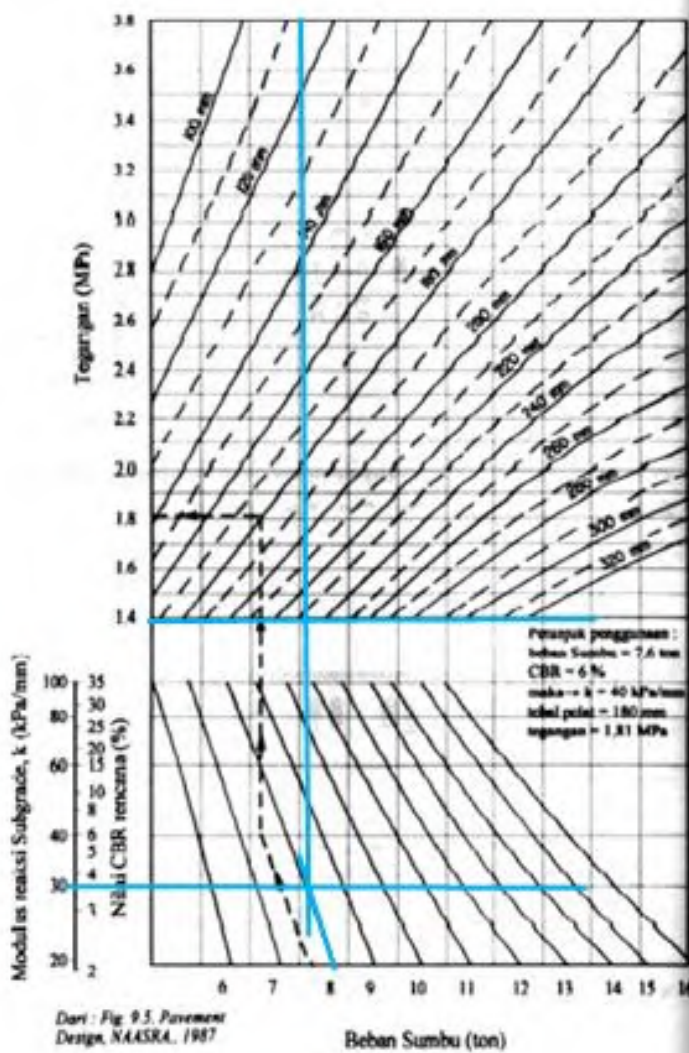
Gambar 8. STRT Sumbu 2 untuk tebal = 26 cm

Lampiran 9



Gambar 9. STRT Sumbu 3 untuk tebal = 26 cm

Lampiran 10



Gambar 10. STRG Sumbu 4 untuk tebal = 26 cm

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Data Lalu Lintas Harian Pada Frontage Sisi Barat A.Yani

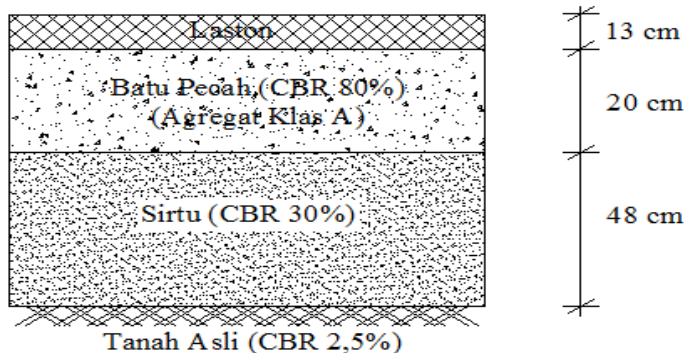
Data pertumbuhan lalu lintas kendaraan diperlukan untuk menganalisa kapasitas jalan dan menghitung tebal perkerasan dengan memperkirakan pertumbuhan lalu lintas harian rata – rata per tahun sebagai berikut.

6.2. Tebal Lapisan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Hasil Perhitungan struktur perkerasan lentur adalah sebagai berikut :

- a. Lapis permukaan = 13 cm (Laston)
- b. Lapis pondasi atas = 20 cm (Batu pecah CBR 80%)
(Agregat Klas A)
- c. Lapis pondasi bawah = 48 cm (Sirtu CBR 30%)

Untuk susunan struktur lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



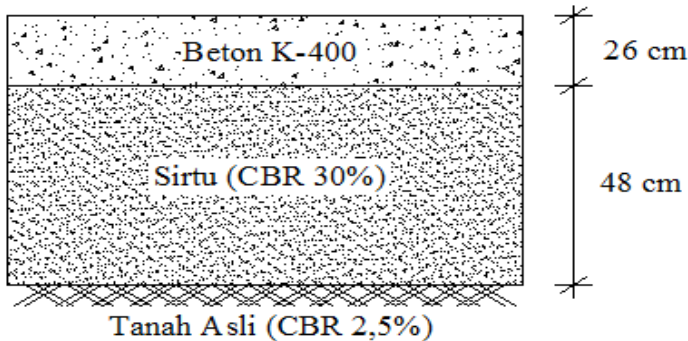
Gambar 6.1. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur

6.3. Tebal Lapisan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

Hasil Perhitungan struktur perkerasan kaku adalah sebagai berikut :

- a. Plat Beton = 26 cm (Laston)
- b. Lapis pondasi = 48 cm (Sirtu CBR 30%)

Untuk susunan struktur lapisan perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 6.2. Susunan Lapisan Perkerasan Kaku

6.4. Biaya Kontruksi Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku

Hasil perhitungan biaya konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku didapatkan total biaya sebesar :

- a. Total Biaya Perkerasan Lentur = Rp 25.761.872.502,00
- b. Total Biaya Perkerasan Kaku = Rp 46.000.930.543,85

Untuk Rincian Perhitungan lebih detailnya dapat dilihat pada bab 4 Tabel 5.1 dan Tabel 5.2

6.5. Biaya Perawatan Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku

Hasil perhitungan biaya perawatan perkerasan lentur dan perkerasan kaku didapatkan total biaya sebesar :

- a. Total Biaya Perkerasan Lentur = Rp 14.859.966.595,87
- b. Total Biaya Perkerasan Kaku = Rp 3.126.583.252,48

6.6. Hasil Evaluasi Ekonomi

Hasil Perhitungan perbandingan ekonomi antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku sebagai berikut :

- a. Perkerasan Lentur

Initial Cost	= Rp 25.761.872.502,00
Maintenance Cost	= Rp 14.859.966.595,87
Total Cost	= Rp 40.621.839.097,87
NPV	= Rp 427.833.053.372,65
BCR	= 14,83

b. Perkerasan Kaku

Initial Cost	= Rp 46.000.930.543,85
Maintenance Cost	= Rp 3.126.583.252,48
Total Cost	= Rp 49.127.513.796,33
NPV	= Rp 413.790.686.982
BCR	= 18,47

Dari hasil $BCR > 1$, perbandingan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku dapat disimpulkan bahwa lebih ekonomis menggunakan jenis Perkerasan Kaku karena nilai BCR lebih besar dari Perkerasan Lentur.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. (1998). *Peraturan Daerah Kotamadya Daerah Tingkat II Yogyakarta No. 9 Tahun 1998*. [online] Tersedia: <http://www.jogja.go.id/index/extra.detail/1645/pajak-reklame.html>.

BPS Jawa Timur

Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*. Jakarta : Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

Direktorat Jendral Bina Marga, 1997. *Manual kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta : Yayasan Badan Penerbitan Pekerjaan Umum.
Dipohusodo, Istimawan. *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid I dan Jilid II*, Penerbit : Kanisius, Yogyakarta, 1996.

Dipohusodo, Istimawan. *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid I dan Jilid II*, Penerbit : Kanisius, Yogyakarta, 1996.

NAASRA (1987), *“Pavement Design a Guide to The Structural Design of Road Pavements”*, First Published, Australia.

ND Lea & Associates, 1975

RTRW Kota Surabaya, 2003 – 2013

Standar SNI 07-2416-1991, *Perencanaan Tebal Lapis Tambah Perkerasan Lentur* Prasarana Transportasi, badan Penelitian dan Pengembangan

Sukirman. Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. NOVA : Bandung.

Wignall, Arthur dkk. 1999. *Proyek Jalan Teori & Praktek*. Erlangga. Jakarta

http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR._PEND.TEKNIK_SIPIL/198008022008012-DEWI_YUSTIARINI/pertemuan_4-TC_326.pdf

<http://www.Google.earth.com>

www.bi.go.id

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 27 April 1993, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Tanwir Surabaya, SD Tanwir Surabaya, SMP Kepanjen I Surabaya, dan SMA Hang Tuah I Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2010, Penulis mengikuti Tes Diploma ITS dan diterima di Jurusan Teknik Sipil Institut Sepuluh Nopember Surabaya untuk jenjang D3, lalu pada tahun 2014 melanjutkan pendidikan

jenjang S1 di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP. 3113106035.

Di Jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Transportasi (Bidang Perhubungan).